

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL  
CORREGIMIENTO DE LA PEÑA-ATLÁNTICO Y DETERMINACIÓN DEL RIESGO  
POTENCIAL PARA LA SALUD HUMANA**

JENIFER PAOLA GOENAGA NORIEGA

ANA CRISTINA MARTÍNEZ CERA



**Universidad de la costa, CUC**

**Departamento civil y ambiental**

**Programa de Ingeniería Ambiental**

**Barranquilla, Colombia**

**2017**

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL  
CORREGIMIENTO DE LA PEÑA-ATLÁNTICO Y DETERMINACIÓN DE RIESGO  
POTENCIAL PARA LA SALUD HUMANA**

**Para obtener el título de Ingeniero Ambiental**

**TESISTAS:**

Jenifer Paola Goenaga Noriega

Ana Cristina Martínez Cera

**Director de Trabajo de grado**

MSc. Rubén Darío Cantero

**Codirector de Trabajo de grado**

Ing. Ana Torregroza

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC**

**Departamento civil y ambiental**

**Programa de Ingeniería Ambiental**

**Barranquilla, Colombia**

**2017**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
**Firma del Jurado**

\_\_\_\_\_  
**Firma del Jurado**

## Dedicatoria

*A Dios, por la vida, por su amor infinito y acompañamiento incondicional en todos los momentos de mi vida, por llenarme de su fortaleza y sabiduría para seguir adelante y culminar este nuevo logro en mi vida, porque para él nada es imposible.*

*A mis padres, Osiris Noriega Sandoval y Gustavo Goenaga Ortega, por que han estado siempre para guiarme y brindarme todo su apoyo, por todo el sacrificio que han hecho por ayudarme a ser de mí la persona que hoy soy, los amo.*

*A, mi hermano, Yuseb Goenaga Noriega, él mi hermanito pequeño porque no dudaste en ningún momento que yo podía lograrlo.*

*A mi gran amor, Greg Miguel Pallares Utria, por toda su ayuda incondicional porque nunca hubo peros para apoyarme en todo momento, por estar siempre pendiente de mí, por llenarme de ánimos cuando parecía que no podía seguir, gracias a toda la dedicación y esfuerzo que tuviste en cada momento, y hoy podemos decir lo logramos, gracias mi cielo.*

**Jenifer Paola Goenaga Noriega**

## Dedicatoria

*Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado, por ello con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.*

*De igual forma, a **mis padres**, Ana e Isaac que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. Por su apoyo incondicional, consejos, comprensión y amor. Mi triunfo es el de ustedes, ¡los amo!*

*A **mi esposo**, Kevin quien me brindó su amor, su cariño, su estímulo y su apoyo constante. Su cariño, comprensión y paciente espera para que pudiera terminar mi carrera profesional son evidencia de su gran amor. ¡Gracias!*

*A **mi adorada hija** Valentina quien me prestó el tiempo que le pertenecía para terminar, ella es mi pilar, mi luz y mi razón para nunca rendirme. ¡Gracias, mi muñeca!*

*A los que nunca dudaron que lograría este triunfo: Mi hermano Moisés, mi tía Ledy, Mónica, mi tío Rey y Rosmery, y familia en general.*

**Ana Martínez Cera**

## **Agradecimientos**

Es de gran satisfacción para nosotras poder culminar este tan anhelado logro en nuestras vidas el inicio y grandes éxitos, gracias al apoyo de nuestras familias, apoyo de docentes, personal de las instalaciones de la universidad de la costa.

A la universidad de la costa por brindarnos el espacio, los instrumentos y materiales educativos para llevar a cabo nuestra investigación.

A MSc. Rubén Cantero director de nuestro proyecto por su asesoría a lo largo de esta investigación.

A Erika Arbeláez, porque siempre tuvo la disposición y el interés por ayudarnos en la puesta en marcha de nuestro proyecto.

## Resumen

El estudio se realizó en el corregimiento de la Peña en Sabanalarga-Atlántico, en donde parte importante del agua para consumo humano corresponde al agua subterránea, con el objetivo de evaluar la calidad del agua para consumo humano en el corregimiento de la Peña Atlántico y determinar el riesgo potencial para la salud humana, tomando como referencia lo establecido en la resolución 2115 de 2007. Se realizaron 3 campañas de muestreo y se tomaron 8 muestras por campaña para un total de 24 muestras y 14 parámetros analizados, el primer muestreo se realizó en el sector de loma fresca el cual permitió obtener un diagnóstico inicial de la calidad del agua que consumen los habitantes del corregimiento, los otros dos muestreos se realizaron en los sectores de campo centro, plaza, para las 3 campañas se tuvieron en cuenta los puntos más representativos como el Pozo, Tanque de almacenamiento y el colegio. Posterior a la toma de muestras se realizaron los respectivos análisis de laboratorio a las muestras de agua de cada punto escogido mediante parámetros físicos, químicos tales como pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbiedad, alcalinidad, dureza total, color, fosfatos, sulfatos, cloruros, nitratos, nitritos y los microbiológicos como Coliformes Totales y Coliformes Fecales, con el fin de obtener los resultados que nos indicaran la calidad de agua y posteriormente identificar el riesgo potencial al cual están expuestos habitantes mediante el cálculo del IRCA (Índice de riesgo de calidad de agua ). Para el análisis de cada uno de los parámetros se utilizó el Standard Methods for the examination of water and wastewater, para la representación de la información obtenida de cada uno de los parámetros analizados y la tabulación de las encuestas se utilizó el programa Microsoft office Excel 2007, finalmente para la representación del índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA) se utilizó el programa *Surfer* versión 11. Para conocer la percepción de los

habitantes sobre la calidad de agua que consumen se realizaron encuestas en las campañas de muestreo 2 y 3. Los resultados mostraron que la calidad del agua se ve afectada por contaminación biológica con Coliformes totales y Coliformes fecales y por parámetros por fuera del nivel permisible como la alcalinidad, oxígeno disuelto según los rangos establecidos por la normatividad, concluyendo que el agua del corregimiento no es apta para el consumo humano porque representa un nivel de riesgo alto.

**Palabras clave:** Coliformes, Calidad de agua, Salud humana, agua subterránea.



## Summary

The study was realized in the town of Peña in Sabanalarga-Atlántico, there is an important part of the water for human consumption corresponds to groundwater, where deep wells are the only source of water for human consumption, with the objective of evaluating the quality of water for human consumption in the settlement of the Peña Atlántico and determine the potential risk to human health, taking as reference the provisions of resolution 2115 of 2007, 3 sampling campaigns were carried out and 8 samples were taken per campaign for A total of 24 samples and 14 parameters analyzed, the first sampling was done in the place “Loma Fresca” which allowed us to obtain an initial diagnosis of the quality of the water consumed by the inhabitants of the village, the other two samples were made in the sectors Of field center, square, for the 3 campaigns took into account the most representative points as the Well, Storage Tank And school. Subsequent to the sampling, the respective laboratory analyzes were carried out on the water samples of each selected point by means of physical, chemical and microbiological parameters in order to obtain the results that indicate the water quality and later to identify the potential risk to Which inhabitants are exposed by the calculation of IRCA. In campaigns 2 and 3 a summary of the local perception on the quality of the water of the town was obtained through surveys. For the analysis of each of the parameters was used the Standard Methods, for the representation of the information obtained from each of the parameters analyzed and the tabulation of the encounters we used the program Microsoft office Excel 2007, and for the representation of the index Of water quality risk (IRCA) was used the program Surfer version 11

The results showed that water quality is affected by biological contamination with total coliforms and fecal coliforms and by parameters outside the permissible level such as alkalinity,

dissolved oxygen according to the ranges established by the regulations, concluding that the water of the corregimiento is not Suitable for human consumption because it represents a high level of risk.

**Key word:** Coliforms, Water quality, Human health, groundwater.

## Glosario

**Pozo:** Perforación mecánica vertical, por lo regular en forma cilíndrica (diámetro 2 a 16 pulgadas) revestidos de tubería metálica o PVC. Se realizan mediante hincados de tubería o perforación con taladros y se dotan de sistemas de extracción (electrobombas o compresores).

**Color:** El color del agua depende exclusivamente del tipo de sustancias que tiene. Es decir la presencia de ciertas sustancias más que otras determinan el color del agua. Normalmente el agua que consideramos potable, es aquella que presenta un color transparente o blanco, esto debe a la presencia del cloro, sustancia que ayuda a eliminar las bacterias que no son benéficas para el consumo del hombre y de los animales.

**Olor y sabor:** Prácticamente no son indicadores de contaminación; no obstante pueden tomar en cuenta al momento de analizar algún tipo de fuente de agua no posee algún tipo instrumentación cuantitativa. Un olor fuerte a pudrición en el agua puede indicar exceso de nutrientes y/o material orgánica en descomposición. Mucha cantidad de minerales en el agua, sea natural o provocada, le da un sabor salobre al agua.

**Temperatura:** Está relacionado con el oxígeno disuelto (OD) y los cambios de metabolismo en los organismos que habitan en el ecosistema acuático.

**Sólidos suspendidos:** La materia suspendida o disuelta en el agua. Se transportan en el agua de dos maneras: por el arrastre del agua o se encuentran en suspensión estable.

**Turbidez:** Se define como la falta de transparencia en el agua debido a la presencia de

sólidos disueltos en el agua. Estos aumentan la turbidez. Mientras más sucia se ve el agua mayor turbidez tendrá.

**pH:** Se mide entre 0 a 14 en solución acuosa, siendo acidas las soluciones con pH menores de 7 y básicas las mayores de 7. El pH igual a 7 indica neutralidad de una sustancia.

**Oxígeno disuelto:** este parámetro se refiere a la cantidad disuelta de oxígeno que se encuentra en el agua.

**Conductividad:** El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución. Su conductividad es mayor y proporcional a las cantidades y características de esos electrolitos.

**Coliformes totales:** Bacterias gram negativas, no esporoformadoras, oxidasa negativa, con capacidad de crecimiento aeróbico y facultativamente anaeróbico en presencia de sales biliares, que a temperatura especificada de 35°C +/- 2°C causan fermentación de lactosa con producción de gas. Poseen la enzima b-galactosidasa.

***E. Coli: escherichia coli:*** Bacilo gram negativo, capaz de desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes (tensoactivos) que tengan propiedades similares e inhibitorias del crecimiento y que son capaces de fermentar la lactosa a temperaturas de 35°C +/- 2°C, con producción de ácido, gas y aldehído en un lapso de 18 a 48 horas. Oxidasa negativa, no esporógena y reduce el nitrato a nitrito.

**Bacteria:** Pequeños microorganismos unicelulares, que se reproducen por la fisión de esporas.

**Materia orgánica:** Sustancias de material de plantas y animales muertos, con estructura de

carbono e hidrogeno.

**Red de distribución de agua potable.** Es un sistema compuesto por tanques, tubos, bombas y válvulas de diferentes tipos, conectados entre sí con el objeto de llevar este recurso hasta los usuarios finales.

## Contenido

Lista de tablas y figuras.....	xvi-x
Introducción .....	22
1. Planteamiento del problema.....	25
2. Justificación.....	27
3. Objetivos .....	29
3.1 Objetivo general .....	29
3.2 Objetivos específicos.....	29
4. Marco referencial .....	30
4.2. Marco teórico .....	30
4.1.1 Fuentes de abastecimiento.....	31
4.1.2. Usos del agua. ....	32
4.1.4. Indicadores de calidad de agua .....	38
Contaminación Hídrica. ....	41
4.1.6. Agua y salud.....	43
4.1.7. Índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA). ....	45
4.2. Características biofísicas y sanitarias del área objeto de estudio .....	46
4.2.1. Climatología e hidrología.....	46
4.2.2. Topografía. ....	46
4.2.3 Geología. ....	47
4.2.4. Condiciones sanitarias existentes.....	47
4.3. Estado del arte .....	48

5.	Metodología.....	51
5.2.	Área de estudio.....	51
5.3.	Fase de campo .....	52
5.4.	Toma de muestras .....	56
5.5.	Equipos.....	57
5.6.	Fase de laboratorio y parámetros <i>ex situ</i> de aguas .....	59
5.6.1	Análisis físico-químicos.....	59
5.6.2.	Análisis Microbiológico.....	60
5.6.3	Encuestas.....	61
5.6.4.	Aplicación del IRCA.....	61
6.	Resultados y discusiones.....	65
6.1.	Resultados parámetros fisicoquímicos .....	65
6.1.1.	Resultados pH .....	65
6.1.2.	Resultados Oxígeno Disuelto .....	66
6.1.3.	Resultados Turbiedad.....	67
6.1.4.	Resultados Alcalinidad.....	68
6.1.5.	Resultados Dureza.....	70
6.1.6	Resultados Color .....	71
6.1.7	Resultados Cloruros .....	71
6.1.8	Resultados Nitratos .....	73
6.1.9	Resultados Sulfatos .....	74
6.1.10	Resultados Fosfatos.....	75
6.1.11	Resultados Conductividad.....	76
6.2.	Resultados microbiológicos .....	78

6.3. Resultados (IRCA) .....	82
6.4. Resultados Encuestas .....	83
6.4.1 Resultado encuesta “Sexo” .....	83
6.4.2 Resultados de “Edades” personas encuestadas .....	84
6.4.3 Resultados ¿El agua que consume tiene olor? .....	84
6.4.5 Resultados de conocimiento de problemas en el agua que afecte la salud humana.86	
6.4.6 Resultados ¿De dónde obtiene la mayor parte de agua que consume? .....	87
6.4.7 Resultados ¿Qué sistema usa para el manejo de aguas servidas? .....	88
6.4.8 Resultados ¿Cómo califica la calidad de agua que se brinda actualmente en el corregimiento de La Peña? .....	89
6.5. Discusión de factores que influyen en la calidad del agua del corregimiento.....	91
7. Conclusión .....	92
8. Recomendaciones .....	94
9. Bibliografía.....	96



## Lista de tablas y figuras

### Tablas

Tabla 4.1 Características Físicas del agua.....	34
Tabla 4.2 Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.....	35
Tabla 4.3 Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.....	36
Tabla 4.4 Características que tienen implicaciones sobre la salud humana.....	36
Tabla 4.5 Características microbiológicas.....	38
Tabla 5.6 Referencia puntos de muestreo campaña 1.....	53
Tabla 5.7 Referencia puntos de muestreo campaña # 2.....	54
Tabla 5.8 Referencia puntos de muestreo campaña # 3.....	55
Tabla 5.9 Unidades y Equipos de medición in situ.....	57
Tabla 5.10 Unidades y Equipos de medición ex situ.....	57
Tabla 5.11 Códigos de las metodologías empleadas para análisis físicos –químicos y microbiológicos.....	58
Tabla 5.12 Códigode los Kit para análisis de nitratos, nitritos, fosfato y sulfatos.....	59
Tabla 5.13 Puntaje de riesgo.....	62
Tabla 5.14 Clasificación del nivel de riesgo en salud humana según el IRCA y acciones que deben adelantarse.....	63
Tabla 5.15. Convecciones para los mapas en SURFER 11.....	64

### Figuras

<i>Figura 4.1.</i> Indicadores Hidricos regirmen natural e intervenion Antropica <i>Fuente: IDEAM</i>	40
<i>Figura 5.2.</i> Lugar de estudio La Peña- Atlantico. <i>Fuente: Google Earth, 2007</i> .....	51

*Figura 5.3. Área de estudio - Mapa Corregimiento de la peña por sectores. Fuente:*

*(sabanalarga, 2009)..... 52*

*Figura 6.4. Resultados pH Comparación del resultado del pH en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas. Fuente: (Goenaga J, Martínez A, 2017) ..... 66*

*Figura 6.5. Resultados Oxígeno Disuelto Comparación del resultado de Oxígeno disuelto en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas. Fuente: (Goenaga J, Martínez A, 2017) ..... 67*

*Figura 6.6. Resultados Turbiedad Comparación del resultado del parámetro turbiedad, en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas. Fuente: (Goenaga J, Martínez A, 2017) ..... 68*

*Figura 6.7. Resultados Alcalinidad, Comparación del resultado del parámetro turbiedad, en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas. Siendo la campaña 1 en todos los puntos representativos los mas altos (Goenaga J, Martínez A, 2017)..... 69*

*Figura 6.8. Resultados Dureza total, Comparación del resultado de Dureza total, en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas, siendo la campaña 1 con los puntos más altos, seguido de la campaña 2. Fuente: (Goenaga J, Martínez A, 2017). ....* 70

*Figura 6.9. Resultados Color Comparación del resultado de color, en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas, manteniendo un rango entre 5 – 10 UPC 2. Fuente: (Goenaga J, Martínez A, 2017).....* 71

*Figura 6.10. Resultados Cloruros, Comparación del resultado de cloruros, en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas. Fuente: (Goenaga J, Martínez A, 2017) .....* 72

*Figura 6.11. Resultados Nitratos Comparación del resultado de nitratos, en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas. Siendo el pozo en la campaña 1 y 2 con los puntos más altos. Fuente: (Goenaga J, Martínez A, 2017).....* 74

*Figura 6.12 Resultados sulfatos comparacion 3 campañas en los puntos representativos del corregimiento. Fuente: (Goenaga J, Martínez A, 2017).....* 75

<i>Figura 6.13</i> Resultados fosfatos, Comparación del resultado de fosfatos, en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas. <i>Fuente:</i> (Goenaga J, Martínez A, 2017) .....	76
<i>Figura 6.14.</i> Resultados conductividad, Comparación del resultado del parámetro conductividad, en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas. <i>Fuente:</i> (Goenaga J, Martínez A, 2017).....	77
<i>Figura 6.15</i> .Resultados microbiologicos para coliformes totales y coliformes fecales en las 3 campañas de muestreos realizadas <i>Fuente:</i> (Goenaga J, Martinez A,2017). .....	78
<i>Figura 6.16.</i> Resultados microbiologicos tanque de almacenamiento para coliformes totales y coliformes fecales en las 3 campañas de muestreos realizadas. <i>Fuente:</i> (Goenaga J, Martinez A,2017) .....	79
<i>Figura 6.17.</i> Resultados microbiologicas colegio para coliformes totales y coliformes fecales en las 3 campañas de muestreos realizadas. <i>Fuente:</i> (Goenaga J, Martinez A,2017). .....	80
<i>Figura 6.18.</i> Resultados microbiologicos viviendas, sector de plaza, centro, loma fresca y campo para coliformes totales y coliformes fecales en las 3 campañas de muestreos realizadas. <i>Fuente:</i> (Goenaga J, Martinez A,2017). .....	81

<i>Figura 6.19.</i> Mapa nivel de riesgo del corregimiento de La Peña. <i>Fuente:</i> (Goenaga J, Martinez A, 2017). .....	82
<i>Figura 6.20.</i> Resultados encuesta "Sexo" siendo Femenino o Masculino las opciones de respuesta. <i>Fuente:</i> (Goenaga J, Martinez A, 2017). .....	83
<i>Figura 6.21.</i> Resultados encuesta "Edad" teniendo rangos entre las edades de 15 a 21 años de 21 a 31 años, de 31 a 51 años y de 51 a 71 años. <i>Fuente:</i> (Goenaga J, Martinez A, 2017) .....	84
<i>Figura 6.22.</i> Resultados de la pregunta ¿El agua que consume tiene olor?. siendo "Si" o "No" las opciones de respuestas. <i>Fuente:</i> (Goenaga J, Martinez A, 2017) .....	85
<i>Figura 6.23.</i> Resultado de la pregunta ¿El agua que consume tiene sabor? Teniendo como opciones de respuesta "Si" o "No". <i>Fuente:</i> (Goenaga J, Martinez A, 2017). .....	86
<i>Figura 6.24.</i> Resultados de la pregunta ¿Tiene usted conocimiento de algun caso en particular de contaminacion en el agua que consume que afecte a la salud humana? Con las opciones de respuesta; No conoce, Problemas digestivos, Problemas en la piel. <i>Fuente:</i> (Goenaga J, Martinez A, 2017). .....	87
<i>Figura 6.25.</i> Resultados de la pregunta ¿De donde obtiene la mayor parte de agua que consume? " con las opciones de respuesta Grifo, Embotellada, Canala, No sabe/No responde. <i>Fuente:</i> (Goenaga J, Martinez A, 2017). .....	88
<i>Figura 6. 26.</i> Resultados a la pregunta ¿Que sistema se usa para el manejo de aguas servidas? Con las opciones de respuesta Poza septica o alcantarillado. <i>Fuente:</i> (Goenaga J, Martinez A, 2017). .....	89

*Figura 6.27* .Resultado de la pregunta ¿Cómo califica la calidad de agua que se brinda actualmente en el corregimiento de La Peña?, con las opciones de respuesta bueno, regular, malo y pesimo. *Fuente:* (Goenaga J, Martinez A, 2017)..... 90

## Introducción

Con el pasar de los años el recurso agua se ha convertido en un recurso limitado, pues su demanda es cada vez mayor, debido al incremento poblacional e industrial que necesita grandes cantidades de agua para su desarrollo. “En concordancia, muchos cuerpos de agua poseen grandes cargas de contaminación por las actividades antropogénicas, lo que muestra una disminución notoria en la calidad de cuerpos de agua” (Programa de las naciones unidas para el desarrollo [PNUD], 2006 ).

El agua potable y el saneamiento son indispensables para la vida y la salud de cualquier población, sin embargo, hay personas que carecen de acceso a fuentes de agua potable, no solo por las condiciones geográficas de la zona donde habitan sino también porque muchos cuerpos de agua se encuentran en condiciones no aptas para el consumo (Organización mundial de la salud [OMS], 2015).

“Aunque el agua es el elemento más frecuente en la Tierra, únicamente 2,53% del total es agua dulce y el resto es agua salada. Aproximadamente las dos terceras partes del agua dulce se encuentran inmovilizadas en glaciares y al abrigo de nieves perpetuas” (Comision economica para américa latina y el caribe [cepal], 2000).

A la cantidad natural de agua dulce existente en lagos, ríos y acuíferos se agregan los 8.000 kilómetros cúbicos (Km<sup>3</sup>) almacenados en embalses. Los recursos hídricos son renovables (excepto ciertas aguas subterráneas), con enormes diferencias de disponibilidad y amplias variaciones de precipitación estacional y anual en diferentes partes del mundo (Organización mundial de la salud[OMS], 2003).

En cuanto a la calidad del agua, cerca del 58,8% de la población colombiana en el año 2012 consumió agua potable. El IRCA promedio en la zona urbana fue de 13,2 %, correspondiente a nivel de riesgo bajo y en zona rural alcanzó 49,8 % clasificado en nivel de riesgo alto. Esta situación a nivel rural se mantuvo para el período 2007 a 2012, siendo necesarias acciones para mejorar la calidad del agua suministrada y minimizar así riesgos a la salud pública (Consejo nacional de política económica y social [Conpes], 2014a).

En aquellas regiones del país donde el acceso al agua potable y al saneamiento básico son deficientes.

El agua es reconocida como vehículo de dispersión de enfermedades que afecta principalmente a los menores de 5 años, quienes son propensos a contraer enfermedades como la Enfermedad Diarreica Aguda (EDA); En Colombia, para el período 2005 a 2011, la tasa de mortalidad por EDA (muertes en menores de 5 años por cada 100.000 nacidos vivos) en menores de 5 años registró una disminución del 72,1%. (Consejo nacional de política económica y social [Conpes], 2014b).

Por lo anterior es necesario llevar a cabo alternativas que conlleven a mejorar la calidad de agua que consumen las personas en todas las poblaciones, es por esto que el presente estudio plantea evaluar la calidad del agua para consumo humano en el corregimiento de la Peña (Atlántico) y determinar el riesgo potencial para la salud humana, tomando como referencia lo establecido en la resolución 2115 de 2007, dicho estudio pretende identificar el estado actual del agua del corregimiento; para de esta



manera recomendar medidas de solución, teniendo como objetivo aumentar la calidad de agua que se consume.

La realización de este proyecto se generó por medio del análisis de las muestras tomadas en los puntos escogidos del corregimiento de la Peña a través de los resultados arrojados por los parámetros físicos, químicos y microbiológicos los cuales determinan la calidad del agua del corregimiento y a su vez compararlos con el índice de calidad del agua IRCA y posterior a ello establecer un nivel de riesgo para el agua analizada, por otra parte se aplicaron encuestas a la población para medir la percepción que tienen los habitantes del corregimiento sobre la calidad de agua que ellos consumen y finalmente se evaluaron los resultados obtenidos del análisis para así hacer recomendaciones encaminadas a mejorar las condiciones en las que se encuentra el agua

## 1 Planteamiento del problema

El acceso al agua potable se convierte en un derecho fundamental que incluso puede determinar la calidad de vida de una población. Carvajal (2014) afirma:

La baja calidad de agua sigue siendo una amenaza para la salud humana; el nivel de riesgo, las características fisicoquímicas y microbiológicas de la fuente abastecedora y en el sistema de distribución puede generar efectos negativos para los consumidores, si en esta no se realiza ningún tipo de tratamiento o este no es eficiente para mitigar y prevenir la posible contaminación generada por factores naturales o antrópicos (Párr.2).

La calidad de agua es un factor importante el cual determina si una población puede estar expuesta a ciertas enfermedades de tipo hídrico, “sin embargo en muchas zonas de Colombia el agua que consume la población no está cumpliendo con los parámetros que establece la resolución 2115 de 2007 para que el agua sea apta para consumo humano” ( Ministerio de salud y proteccion social [Minsalud], 2014).

Un agua con baja calidad puede estar determinada por la presencia de especies bacterianas como es el caso de los Coliformes totales fecales o por características físicas y químicas tales como pH, turbiedad, oxígeno disuelto, alcalinidad, dureza, nitratos, nitritos entre otros, que pueden alterar las características del agua para que pueda ser consumida por el ser humano; incluso puede verse afectada también por factores como materiales de las tuberías de distribución, pozas cerca del suministro de agua y mal almacenamiento del agua en los domicilios.

En relación con lo anterior, es necesario determinar qué factores pueden afectar la calidad de agua y por consiguiente contar con un sistema de tratamiento para garantizar que el agua es apta para el consumo humano para de esa manera garantizar que no serán transmitidas enfermedades de tipo hídrico a la población que consume el agua.

Un estudio realizado en Chile Claret, Perez, Urrutia, y Palacios (2005) describen la contaminación de aguas por Coliformes fecales, como responsable de 775 mil muertes por año en el mundo. La presencia de bacterias Coliformes en el agua constituye un importante parámetro de su calidad, por cuanto su presencia opera como un índice de manejo sanitario deficiente de una fuente de agua. Con relación a los Coliformes no fecales, sólo algunos –como las salmonellas– representan algún riesgo. (Palacios *et al.*, 2005).

Este trabajo de grado se encuentra dirigido a realizar una investigación que permita generar conocimiento dando respuesta al interrogante principal:

***¿Cuál es la calidad de agua que consumen los habitantes del corregimiento de la Peña-Atlántico y el nivel riesgo potencial al cual se encuentran expuestos por su consumo?***

## 2 Justificación

El agua, como elemento, sustenta la permanencia de toda la vida en la tierra. La existencia de cada individuo y el desarrollo de los grupos humanos dependen en forma crítica de este recurso. Su ausencia o presencia y su calidad determinan la salud del hombre y la condición de vida de toda la sociedad. (Palacios *et al.*, 2005).

El agua es fuente de vida y si no se establece un tratamiento de manera correcta puede ser causal de muerte.

La problemática del agua actualmente es un tema que cada día ocupa la atención de científicos, técnicos, políticos y en general, de muchos de los habitantes del planeta. A medida que la población crece y aumentan los ingresos se necesita más agua, que se transforma en un elemento esencial para el desarrollo. (Organización mundial de la salud [OMS], 2003).

El corregimiento de la Peña perteneciente al municipio de Sabanalarga, situado en el departamento del Atlántico, posee 7.244 habitantes, la gran mayoría en condiciones de pobreza e insalubridad. Cuentan con un pozo subterráneo el cual abastece a la población, sin embargo el agua extraída no cuenta con procesos de clarificación, desinfección, ni potabilización. En las muestras de agua recolectadas y analizadas, se obtiene que las características microbiológicas como los Coliformes Totales y Fecales, no cumplen con los valores máximos permisibles según lo que establece la resolución 2115 del 2007, Por ello se puede deducir que la distribución del recurso natural no se encuentra en condiciones óptimas para el consumo.

Es de suma importancia que las personas cuenten con un sistema de tratamiento y potabilización de aguas para su posterior consumo. Cuando una población cuenta con déficit en los procesos de una planta de potabilización de agua o en su defecto no posee, es más fácil la proliferación de enfermedades en el sistema digestivo, enfermedades dermatológicas, en el sistema nervioso o en muchos casos la muerte, pues como se dijo inicialmente el agua es un recurso vital para las personas y el desarrollo de las comunidades.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Evaluar la calidad del agua para consumo humano en el corregimiento de la Peña (Atlántico) y determinar el riesgo potencial para la salud humana, tomando como referencia lo establecido en la resolución 2115 de 2007.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Analizar la calidad de agua para consumo humano en el corregimiento la Peña – Atlántico.
- Establecer un diagnóstico de la percepción de la comunidad en relación a la calidad del agua para consumo humano en el corregimiento de la Peña (Atlántico).
- Estimar el riesgo potencial asociado al consumo del agua a través del índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA).

## **4. Marco referencial**

### **4.1 Marco teórico**

La demanda de agua crece exponencialmente. Sin embargo, la oferta y calidad cada vez es menor, razón por la cual urge la implementación de acciones que permitan mantener un suministro permanente de agua de buena calidad para toda la población y para preservar las funciones de los ecosistemas (Universisnas nacional abierta y a distancia[UNAD],2014).

Según el Libro Blanco del Agua en España (Ministerio de Ambiente y Medio Rural y Marino – MIMAM Gobierno de España, 2000), la calidad natural de las aguas es una variable descriptora fundamental del medio hídrico, tanto desde el punto de vista de su caracterización ambiental, como desde la perspectiva de la planificación y gestión hidrológica, ya que delimita la aptitud del agua para mantener los ecosistemas y atender las diferentes demandas.

De acuerdo al decreto 1575 de 2015 la calidad de agua se define como el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.

Según la OMS la calidad del agua potable es una cuestión que preocupa en países de todo el mundo, en desarrollo y desarrollados, por su repercusión en la salud de la población. Los agentes infecciosos, los productos químicos tóxicos y la contaminación radiológica son factores de riesgo. (OMS, Calidad del agua potable, 2012).

El abastecimiento de agua y el saneamiento son elementos fundamentales para la vida comunitaria y un adecuado desarrollo, pues influyen en la salud y por tanto en labores productivas específicas. Dado que el agua es un líquido vital para los seres vivos, debe poseer un alto grado de potabilidad que puede resumirse en: características físicas y químicas (Servicio nacional de aprendizaje [SENA], 2000).

En Colombia los parámetros para uso doméstico los establece la resolución 2115 de 2007.

#### **4.1.1 Fuentes de abastecimiento.**

El agua requerida para proporcionar el servicio de acueducto se toma de una o más fuentes de abastecimiento: y puede ser clasificada de acuerdo con su origen en: Atmosférica, Superficial y Subterráneas.

La mejor solución de la fuente depende en lo posible de la cantidad: De acuerdo con el tamaño de la población y de la calidad: Dependiendo de la presencia y tipo de tecnología utilizada para el tratamiento y de la continuidad: Las condiciones de abastecimiento no se pueden ver afectadas por los cambios climáticos.

Sin embargo, esta selección puede verse afectada por situación geográfica, condición económica y nivel socio - cultural de la comunidad a abastecer.

La fuente de abastecimiento objeto de estudio corresponde a aguas subterráneas y se “definen como el agua que se filtra a través de grietas y poros de las rocas y sedimentos que yacen debajo de la superficie de la tierra, acumulándose en las capas arenosas o rocas porosas del subsuelo” (Instituto Colombiano de Geología y Minería, 2011). El agua se almacena y mueve en las formaciones geológicas que tienen poros o vacíos.



En Colombia las aguas subterráneas se constituyen en algunas zonas del país en una fuente alternativa a las fuentes tradicionales de abastecimiento de agua para diferentes fines, mientras en algunas regiones la única fuente disponible.

#### **4.1.2. Usos del agua.**

El agua tiene una amplia variedad de aplicaciones.

Lenntech (s.f.) que un cuerpo de agua puede usarse para fines recreativos, para mantener la vida acuática y silvestre, para riego agrícola, para actividades industriales o bien, como abastecimiento público de agua. Es evidente que se requieren grados distintos de pureza para cada uno de estos usos.

Dentro de los usos que se le dan al agua Ramos, Sepulveda, y Villalobos (2002) lo destacan así:

- Agricultura: La irrigación de los campos necesita mucha agua, por eso es considerada donde se utiliza mayor cantidad de agua para incrementar la producción de alimentos.
- Industrias: En el proceso industrial el agua también es imprescindible. Algunas industrias utilizan agua potable para sus productos, aunque también hay otras que utilizan otros recursos como refrigerante o diluyente de efluentes.
- Doméstico: En el caso doméstico se utiliza para la higiene personal, lavado de utensilios, para cocinar, para beber, el lavado de frutas y verduras, lavado de coches, riego de jardines.
-

### **4.1.3 Características del agua.**

De acuerdo a la resolución 2115 de 2007 por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano; define como “*características* al término usado para identificar elementos, compuestos, sustancias y microorganismos presentes en el agua para consumo humano”(Resolución 2115,2007).

El agua es una sustancia incolora, inodora e insabora, sin embargo “el agua no siempre se presenta así: estas propiedades pueden ser alteradas, en cuyo caso no sería apta para el consumo. El agua se considera potable si cumple con los requisitos y normas relativas a las características físicas, químicas y bacteriológicas” (Servicio nacional de aprendizaje [SENA], 2000).

#### ***4.1.3.1 Características físicas del agua.***

El aspecto físico del agua se considera por su apariencia, la cual puede ser percibida por los sentidos, de acuerdo a la resolución 2115 de 2007 el agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación en la tabla 1.

Tabla 1

## Características Físicas del agua

Características físicas	Unidades	Valor máximo permisible	<i>Nota:</i>
Color aparente	Unidades de platino cobalto (UPC)	15	
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable	
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad ( UNT)	2	
pH	Potencial de hidrogeno	6,5- 9,0	

Niveles máximos permisible de las características físicas del agua para consumo humano.

Fuente: Resolución 2115(2007).

#### 4.1.3.2. Características químicas del agua.

Los parámetros químicos son más relacionados con los agroquímicos, metales pesados y desechos tóxicos. Este tipo de contaminación es más usual en las aguas subterráneas en comparación con las aguas superficiales. Relacionado por la dinámica del flujo de agua, los contaminantes son más persistentes y menos móviles en el agua subterránea, como es el caso de la contaminación con nitratos por su movilidad y estabilidad, por la presencia de asentamientos urbanos o actividades agrícolas aledañas. (Rene, 2005, p.32).

En la tabla 2,3 y 4 se aprecian las características químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana si sobrepasan el valor máximo aceptable establecido por la resolución 2115 de 2007.

Tabla 2.

Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.

Elementos, compuestos químicos y mezcla de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresadas como	Valor máximo aceptable(mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Barrio	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN <sup>-</sup>	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Niquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos totales	THM <sub>s</sub>	0,2
Hidrocarburos Aromáticos		
Policiclicos (HAP)	HAP	0,01

**Nota:** Características químicas que pueden causar un daño adverso al salud humana si excede el nivel máximo permisible. Fuente: Resolución 2115 (2007).

Tabla 3.

Características químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana.	Expresadas como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Carbono orgánico total	COT	5,0
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,1
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10
Fluoruros	F	1,0

Nota: Niveles maximos permisibles para elementos y compuestos quimicos que tienen implicaciones obre la salud humana. Fuente: Resolucion 2115 (2015)

Tabla 4.

Características que tienen mayores consecuencias economicas e indirectas sobre la salud humana.

Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Calcio	Ca	60
Alcalinidad total	CaCO <sub>3</sub>	200
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	250
Aluminio	Al <sup>3+</sup>	0.2
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub>	300
Hierro total	Fe	0.3
Magnesio	Mg	36

Manganeso	Mn	0.1
Molibdeno	Mo	0.07
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.5

Nota: Niveles maximos permisibles para elementos y compuestos que tienen mayor afectacion economica e indirectas sobre la salud.Fuente: Resolución 2115 de 2007.

#### ***4.1.3.3. Características microbiológicas del agua.***

La variedad de bacterias existentes están distribuidas en la naturaleza y las que hay en el agua tienen fundamental importancia sanitaria. El agua puede contener parásitos, bacterias, virus y protozoos que se descargan en el agua con los desperdicios del tipo animal y humano, debido a la costumbre del hombre de arrojar sus residuos a la corriente de agua más cercana.

Coliformes fecales: la bacteria Coliformes fecal presente en las heces humanas y animales de sangre tibia, puede entrar en los cuerpos de agua por medio de desechos directos de mamíferos y aves, así como corrientes de agua, acarreando desechos y del agua de drenaje.

Los organismos patógenos incluyen la bacteria Coliformes *fecal*, así como bacterias, virus y parásitos que causan enfermedades. (Rene, 2005).

Según lo establecido en la resolución 2115 de 2007 el valor de Coliformes fecales y totes en el agua debe ser 0 UFC/100cm<sup>3</sup> tal y como se aprecia en la tabla 5.

Tabla 5.

Características microbiológicas.

Técnicas utilizadas	Coliformes fecales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100cm <sup>3</sup>	0 UFC/100cm <sup>3</sup>
Enzima sustrato	<de 1 microorganismo en 100cm <sup>3</sup>	<de 1 microorganismo en 100cm <sup>3</sup>
Sustrato definido	0 microorganismo en 100cm <sup>3</sup>	0 microorganismo en 100cm <sup>3</sup>
Presencia-ausencia	Ausencia en 100cm <sup>3</sup>	Ausencia en 100cm <sup>3</sup>

*Nota: Tecnicas utilizadas para el estudio microbiologico de coliformes fecales y Escherichia coli*

Fuente: Resolución 2115 de 2007.

#### 4.1.4 Indicadores de calidad de agua.

Actualmente se considera el agua como un recurso esencial que requiere la máxima atención de los Estados por ser indispensable para la preservación de la vida y encontrarse expuesta al deterioro, en ocasiones irreversible, ocasionado por un uso irresponsable e intensivo del recurso. (Castro, Almedia, Ferrer, & Diaz, 2014).

Según Valdes, Samboni y Carvajal comentan que, en la valoración y evaluación de la calidad del agua, se han empleado diversas metodologías entre las que se incluyen: comparación de las variables con la normatividad vigente; los indicadores ICA (Índice de calidad de agua) donde, a partir de un

grupo de variables medidas, se genera un valor que califica y cualifica la fuente, y metodologías más elaboradas como la modelación. (Valdes, Samboni, & Carvajal, 2011).

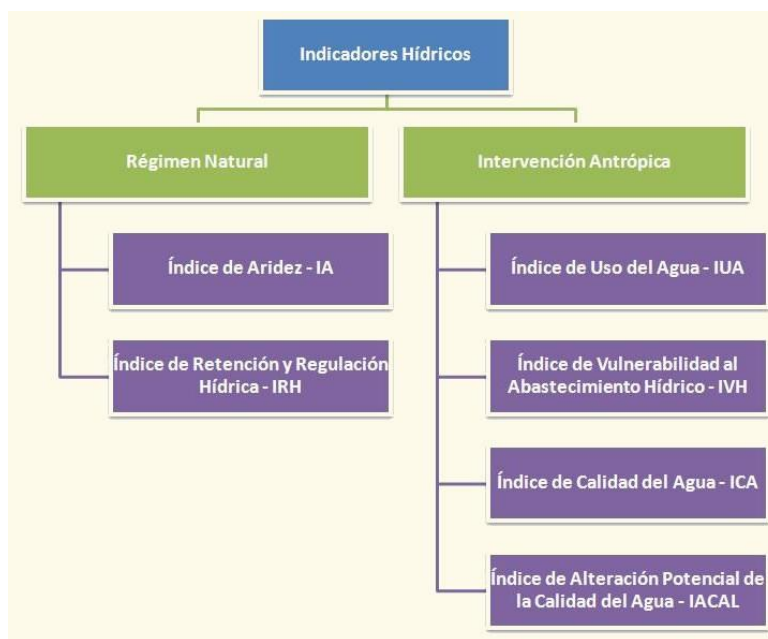
La calidad del agua se mide de acuerdo con distintos parámetros mediante los cuales se cuantifica el grado de alteración de las cualidades naturales y se la clasifica para un uso determinado. Según Guillén, Teck, Kohlmann y Yeomans [8], el ICA indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un cercano o igual a 0%, en tanto que el agua en excelentes condiciones tendrá un valor de este índice cercano al 100%. (Guillen, Teck, kohlmann, & Yeomans, 2012)

El ICA se ha convertido en un instrumento fundamental para transmitir información sobre la calidad del recurso hídrico a las autoridades competentes y al público en general. El ICA es un indicador compuesto que integra información de varios parámetros de calidad del agua y presenta diferentes metodologías según su autor. Este índice es una herramienta matemática para la calidad y puede ser utilizado para transformar grandes cantidades de datos sobre la calidad del agua en una escala de medición única. (Castro, Almedia, Ferrer, & Diaz, 2014).

#### ***4.1.4.1. Indicadores de Calidad de Agua en Colombia.***

Para explicar el estado en cuanto a la cantidad y calidad del agua en Colombia, se desarrolló el "Sistema de Indicadores Hídricos" que pretenden responder a los cuestionamientos sobre la disponibilidad del recurso y las restricciones por afectaciones a la oferta o a la calidad. Estos índices están asociados al régimen natural (Índice de Aridez - IA, Índice de Regulación Hídrica - IRH) y a la intervención antrópica (Índice de Uso del Agua - IUA, Índice de Vulnerabilidad al desabastecimiento-IVH, Índice de Amenaza Potencial por Afectación a la Calidad del Agua - IACAL e Índice de Calidad del Agua - ICA). (Samboni, Carvajal, & Escobar, 2007).





**Figura 1.** Indicadores Hídricos régimen natural e intervención Antrópica **Fuente:** IDEAM (s,f)

El ICA es un número (entre 0 y 1) que señala el grado de calidad de un cuerpo de agua, en términos del bienestar humano independiente de su uso. Este número es una agregación de las condiciones físicas, químicas y en algunos casos microbiológicos del cuerpo de agua, el cual da indicios de los problemas de contaminación. (IDEAM, Evaluación del recurso hídrico).

Toma en cuenta una gama de factores ambientales a través de variables simples que permiten el análisis de los principales orígenes de la contaminación: oxígeno disponible, materia orgánica, sólidos, mineralización, acidez, entre otros, y características claves de la columna de agua como la temperatura. (IDEAM, Evaluación del recurso hídrico).

#### 4.1.5 Contaminación Hídrica.

Contaminación es la acción y efecto de introducir materias o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica. (Rene, 2005).

Las categorías de contaminación que impactan a los recursos hídricos se derivan de fuentes puntuales y no puntuales. Éstas afectan y alteran las características naturales de los recursos hídricos, ocasionalmente por actividades naturales, pero en su mayoría el mayor de los impactos es de carácter antropogénico. (Rene, 2005)

Dependiendo de su origen existen dos tipos de contaminación de las aguas:

- ***Contaminación puntual:*** es aquella que descarga sus aguas en un cauce natural, proviene de una fuente específica, como suele ser un tubo o dique. En este punto el agua puede ser medida, tratada o controlada. Este tipo de contaminación está generalmente asociada a las industrias y las aguas negras municipales. (Garcia, 2002)
- ***Contaminación difusa:*** es el tipo de contaminación producida en un área abierta, sin ninguna fuente específica; este tipo de contaminación está generalmente asociada con actividades de uso de tierra tales como, la agricultura, urbanizaciones, pastoreo y prácticas forestales. (Garcia, 2002).

##### 4.1.5.1 Contaminación en aguas subterráneas.

Las aguas subterráneas cumplen un rol importante, y en numerosos casos vitales, para el suministro de agua potable de muchas áreas urbanas y rurales y debido a la mala ubicación de sistemas individuales de saneamiento (pozos sépticos o campos de infiltración), las aguas subterráneas freáticas se pueden contaminar. (SENA, 2000)

Las aguas subterráneas son contaminadas por las actividades que se desarrollan en la superficie por la acción antrópica y de manera natural; dentro de las acciones antrópicas sobresalen:

- Derrame o fuga de sustancias tóxicas en la superficie o bodegas que posteriormente se infiltran (aceites y grasas, aguas residuales, residuos, químicos, etc.).
- Hidrocarburos por filtración de tanques de almacenamiento subterráneo o derrames accidentales.
- Sobre explotación de los acuíferos poniendo en riesgo la recarga y normal funcionamiento del mismo.
- Inadecuado mantenimiento de los sistemas de extracción de los pozos.
- Contaminación biológica de las aguas subterráneas por sobrealimentación o mal funcionamiento de sistemas sépticos o fugas en la red de alcantarillado.
- Eliminación, impermeabilización o urbanización de las zonas de recarga de los acuíferos.

“Una vez contaminada, la limpieza del agua subterránea es muy complicada por su difícil acceso. Además, el uso indiscriminado de aguas subterráneas puede generar agotamiento del recurso”  
(Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales [IDEAM ], s.f.).

Para el caso de contaminación natural las aguas subterráneas contienen algunas impurezas, incluso si no está afectado por actividades humanas. Los tipos y concentraciones de impurezas naturales dependen de la naturaleza del material geológico a partir del cual se mueve el agua subterránea, y la

calidad del agua de reposición; el agua subterránea contiene algunos químicos que pueden ser considerados contaminantes ya que no son componentes naturales del agua. Entre ellos se encuentran el Magnesio (Mg), Calcio (Ca), y algunos cloruros dependiendo del tipo de rocas existentes en la zona. También se pueden encontrar grandes concentraciones naturales de Arsénico (As), Boro (Br) y Selenio (Se). Cabe resaltar que estos elementos son contaminantes naturales que se han depositado por períodos muy largos de tiempo sin la intervención humana, y que hacen parte de los ciclos de depuración de materiales desde el centro de la tierra. (Rivera, 2012)

#### **4.1.6 Agua y salud.**

La falta de agua segura, de saneamiento y de higiene es uno de los principales y más urgentes problemas relacionados con la salud. Prácticamente la décima parte de la carga global de enfermedad podría prevenirse mejorando el abastecimiento de agua, el saneamiento, la higiene y la gestión de los recursos hídricos. (Organización mundial de la salud [OMS], 2008).

Encontramos en el agua, bacterias patógenas que causan enfermedades al hombre y a los animales.

Entre las enfermedades adquiridas por medio hídrico se encuentran:

- Las debidas a la ingestión de agua contaminada por microorganismos y productos químicos, como la diarrea, la arsenicosis y la fluorosis;
- Las enfermedades que, como la esquistosomiasis, tienen un organismo causante que está presente en el agua como parte de su ciclo vital;
- Las enfermedades como las helmintiasis transmitidas por el suelo que se deben a la deficiencias de saneamiento e higiene;

- Las enfermedades que, como el paludismo y el dengue, transmiten vectores que se reproducen en el agua;
- Otras enfermedades, como la legionelosis, que son causadas por aerosoles que contienen determinados microorganismos.

Entre otras como a fiebre tifoidea, la disentería, el cólera, diarrea o gastroenteritis y erupciones cutáneas. (OMS, Enfermedades transmitidas por el agua., 2017).

Uno de los indicador de calidad bacteriológica del agua son las bacterias cuando estos microorganismos se introducen en el agua, las condiciones ambientales son muy diferentes y por consiguiente su capacidad de reproducirse y de sobrevivir son limitadas. Debido a que su detección y recuento a nivel de laboratorio son lentos y laboriosos, se ha buscado un grupo alternativo de indicadores que sean de más rápida y fácil detección. El grupo más utilizado es el de las bacterias Coliformes. (potabilizacion., 2011).

El grupo de microorganismos Coliformes es adecuado como indicador de contaminación bacteriana ya que los Coliformes,

- Son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente.
- Están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades.
- Permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas.
- Se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección.

De acuerdo a la establecido por la resolución 2115 de 2007 ninguna muestra de agua que se suministra a una comunidad debe contener *Escherichia coli* en 100 miligramos de muestra.

El acceso a servicios de agua, saneamiento e higiene sin riesgos podría evitar que muchas personas sufran enfermedades. Se calcula que las enfermedades diarreicas causan alrededor del 3,6% del total de los años de vida ajustados en función de la discapacidad debidos a enfermedades y causan 1,5 millones de fallecimientos cada año (OMS, Agua, saneamiento e higiene, 2012) . De acuerdo con las estimaciones, el 58% de esa carga de enfermedad es decir, 842 000 muertes anuales, se debe a la ausencia de agua salubre y a un saneamiento y una higiene deficientes, e incluyen 361 000 fallecimientos de niños menores de 5 años, la mayor parte de ellos en países de ingresos bajos (OMS, Agua, saneamiento e higiene, 2014).

#### **4.1.7 Índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA).**

El índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano IRCA, es un instrumento básico para garantizar la calidad de agua para consumo humano tal cual lo establece la resolución 2115 de 2007, el IRCA es el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano. Este indicador es el resultado de asignar el puntaje de riesgo a cada una de las características por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en dicha resolución. ( Ministerio de salud y proteccion social, 2014).

De acuerdo al estudio nacional del agua basado en el IRCA el municipio de Sabanalarga arrojo un porcentaje de riesgo medio ( Ministerio de salud y proteccion social, 2014), lo cual es una referencia al momento de obtener los resultados arrojados por los análisis realizados en esta investigación.

## **4.2 Características biofísicas y sanitarias del área objeto de estudio**

### **4.2.1 Climatología e hidrología.**

El clima en el corregimiento la Peña es considerado cálido, posee temperaturas que oscilan entre 29°C y 34°C, en época de final de año se frecuentan lluvias, sin embargo por consecuencias del fenómeno del niño, se han presentado olas de calor. Se presenta una humedad de 90% en promedio. Según estudios realizados en el corregimiento de la Peña las aguas subterráneas se convierten en un recurso que se utiliza con mayor frecuencia, debido a que los terrenos del municipio de Sabanalarga por su constitución geológica, presenta buenas condiciones de infiltración, dada la porosidad y buena permeabilidad de los estratos del subsuelo. (sabanalarga, 2009)

La precipitación es la principal fuente de recarga de los acuíferos subterráneos, sin embargo, las lluvias son insuficientes y espaciadas y caen en aguaceros cortos de alta intensidad, que son favorecidas por la poca pendiente en algunas regiones y la buena condiciones de permeabilidad de las rocas. (sabanalarga, 2009).

### **4.2.2 Topografía.**

El estar ubicado en inmediaciones de un sistema de colinas y en inmediaciones del Embalse del Guajaro, le determinan al Centro Poblado desarrollarse en dos tipos de topografías así : la zona ubicada en inmediaciones al embalse se desarrolla en un terreno relativamente plano y la ubicada sobre el sistemas de colinas, se desarrolla en un terreno ondulado, determinantes físicas naturales en el trazado urbano, el cual está formado por manzanas alargadas e irregulares que se ajustan a la topografía, definiendo un sistema urbano semicerrado, con dos entradas o Salidas. (sabanalarga, 2009).

### **4.2.3 Geología.**

El uso del suelo predominante, es el residencial, el cual se desarrolla en toda la extensión del territorio, encontrándose usos complementarios como: Institucional, Comercial, recreativo los cuales están dispersos en todo el corregimiento. El corregimiento esta conformados por suelos arcillosos impermeables lo que hace que el municipio un sector se susceptibles a inundaciones. (sabanalarga, 2009)

### **4.2.4 Condiciones sanitarias existentes.**

#### ***4.2.4.1. Acueducto.***

Posee un sistema de acueducto Rural, cuyas fuentes de abastecimientos son 3 pozos profundos localizados en el corregimiento, entre los cuales uno tiene una profundidad de 64 metros y los dos restantes 55 metros, poseen 4 tanques de almacenamientos, entre los cuales uno no está en funcionamiento y los tres restantes tienen capacidades de 76.000 litros uno y 70.000 los dos restantes. La cobertura del servicio es 86,56 % (sabanalarga, 2009).

#### ***4.2.4.2 Alcantarillado.***

El corregimiento la Peña no cuenta con un sistema de alcantarillado, ni tratamiento de aguas negras, Posee el sistema alternativo de Pozas Sépticas, con las cuales se sirven 744 viviendas, lo equivale a decir que 66,40 % de la población cuenta con este servicio lo cual puede ocasionar problemas de infiltración en las aguas subterráneas contaminándolas. (sabanalarga, 2009).



### 4.3 Estado del arte

Con relación a estudios semejantes de contaminación en aguas subterráneas, índices de riesgo y la afectación a la salud humana en la Capital de España –Madrid se realizó un estudio con el objetivo de determinar la concentración de arsénico en el agua procedente de abastecimientos subterráneos en la Comunidad de Madrid, puesto que en años anteriores se detectaron concentraciones de arsénico mayores de 50mg/l en algunos abastecimientos de agua de consumo de origen subterráneo, concentración máxima admisible en el agua de bebida en España. El estudio consto de dos fases, en la primera fase se analizaron muestras de agua de los 353 abastecimientos censados por la Dirección General de Salud Pública de la Comunidad de Madrid. Con estos primeros resultados se realizó una clasificación de riesgo de los abastecimientos. En una segunda fase, seis meses después, se repitieron los análisis en los 35 abastecimientos que se consideró podían suponer un riesgo para la salud pública; los resultados El 74% de los abastecimientos estudiados en la primera fase presentaron una concentración de arsénico menor de 10mg/l; el 22,6% contenía niveles entre 10 y 50mg/l; y en el 3,7% eran superiores a 50mg/l. La mayoría de los abastecimientos con niveles de arsénico superiores a 10mg/l se encuentran situados en la misma zona geográfica. En el segundo muestreo (6 meses después) se incluyeron los 35 abastecimientos clasificados de riesgo. De ellos, 26 presentaron el mismo nivel de arsénico (10-50mg/l) y 9 cambiaron de categoría: 6 pasaron a tener menos de 10mg/l y 3 más de 50mg/l. (Aragonés Sanz, 2001).

Costa Rica se realizaron dos estudios, un primer estudio enfocado en el índice de riesgo en el cual el objetivo fue elaborar un mapa de carga contaminante para los cantones de Santa Bárbara, Barva y San Rafael, Heredia, Costa Rica, como un primer paso en la generación de un mapa de riesgo para el acuífero Barva. Para esto, se seleccionaron, ubicaron y clasificaron las actividades, según el método POSH (Pollutant Origin Surcharge Hydraulically); Luego, el territorio se subdividió en celdas de 250 x

250 m y a cada una se le asignó el valor máximo de potencial de carga contaminante, según el valor asignado a las fuentes en esa celda. De las 2103 celdas, un 45% se encontró bajo al menos una actividad con potencial de carga contaminante elevado, un 32% con al menos una actividad con potencial moderado, un 14% con al menos una actividad con potencial reducido y un 9% con potencial nulo". (Madrigal, Fonseca, Nuñez, & Gomez, 2014).

Y un segundo estudio se realizó con el objetivo de "caracterizar la calidad microbiológica de las aguas subterráneas, se utilizaron pruebas no paramétricas para analizar las relaciones entre los indicadores bacterianos en agua de pozo y otras variables. TC (Coliformes Totales), FC (Coliformes Fecales) y FS(Estreptococos Fecales) fueron encontrado en todas las muestras que indican que los pozos habían sido contaminados con materia fecal humana y animal. La causa de la contaminación podría estar relacionada con el fácil acceso de animales domésticos a los pozos y el material de la cubierta bien permeable. Escurrimiento de la precipitación local influenciado directamente las concentraciones bacterianas encontradas los pozos". (Mariela, 2009).

En Argentina se realizaron muestreos de "calidad del agua de pozos someros de la ciudad de Tres Arroyos, los arrojaron la presencia simultánea de fluoruros, nitratos y arsénico ( $F^-$ ,  $NO_3^-$  y As) en concentraciones variables. El análisis se realizó utilizando el modelo básico de análisis de riesgo sanitario probabilístico de la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos de América (USEPA 1989). Los niveles de riesgo, en general, sobrepasan el nivel de seguridad, salvo en el caso del contacto dérmico. Los valores del riesgo integrado (riesgo residencial + riesgo escolar) son decrecientes con relación a la edad y el principal contribuyente al riesgo acumulado es el As" (OTHAX, 2014).

De igual forma en Chile se realizó un estudio sobre la "calidad microbiológica del agua de un predio agrícola-ganadero en la provincia de Valdivia (40 ° S), Chile, y su posible impacto en la salud

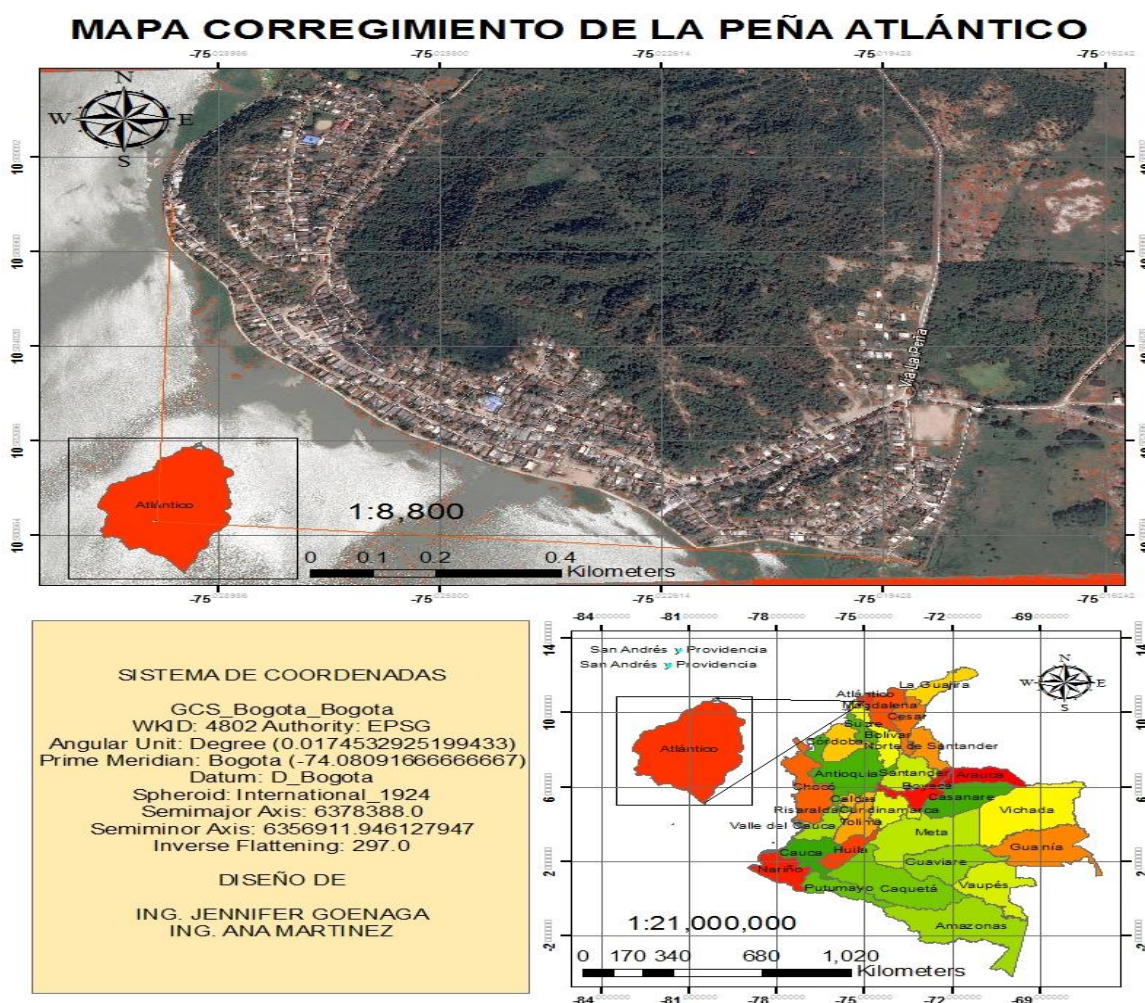
humana. Muestras de agua fueron recolectadas mensualmente (2008-2009), a la entrada y salida de un estero que atraviesa el predio y en agua de pozos usadas para consumo humano y animal. Las especies Coliformes totales (Ct) y *Escherichia coli* se determinaron por el método confirmativo Quanti-Tray, se evaluaron variables físico-químicas del agua y climáticas del sitio. En las muestras de agua del estero y pozos el número más probable de Ct y E. Coli sobrepasaron la norma chilena de calidad del agua (NCh 409/1) para consumo humano". (Valenzuela, 2012).

En Colombia, se llevó a cabo un estudio para "describir la calidad del agua para consumo humano en áreas urbanas del departamento del Tolima y su relación con la incidencia notificada de Hepatitis A, Enfermedad Diarreica Aguda (EDA) e indicadores sociales. Para llevar a cabo el estudio utilizaron la metodología de estudio observacional descriptivo ecológico transversal, que utiliza bases de datos del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Agua Potable (sivicap) y el Sistema de Vigilancia en Salud Pública (sivigila) de 2010. Dentro de los resultados obtuvieron que: 63,83% de los municipios del Tolima presentaron agua no potable. En la categoría de inviable sanitariamente se clasificaron los municipios: Ataco, Cajamarca, Planadas, Rovira, Valle de San Juan y Villarrica. El 27,7% de los municipios evidenciaron resultados con Coliformes. No se encontró asociación estadística entre la incidencia de las enfermedades trazadoras y la calidad del agua; se encontró relación estadísticamente significativa entre la cobertura de acueducto, alcantarillado, nivel educativo y calidad del agua". (Guarnizo G, Briñez A, & V, 2012).

## 5 Metodología

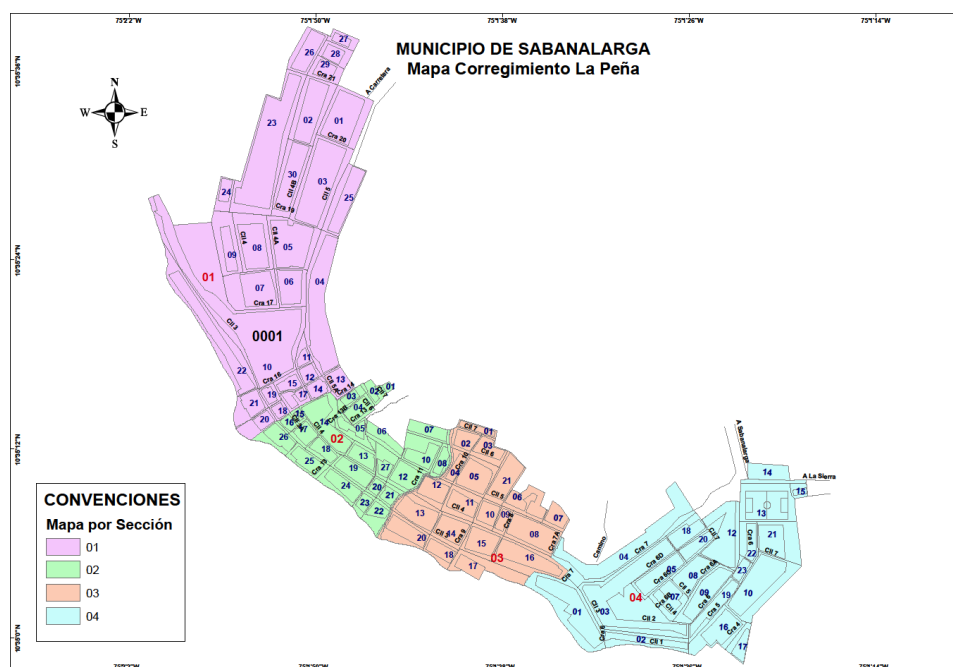
### 5.1 Área de estudio

El corregimiento de la Peña; Localizado al sur occidente del municipio y en inmediaciones del Embalse del Guajaro es la más extensa y poblada a nivel de corregimiento en el Departamento del Atlántico (Ilustración N°2), se encuentra comprendida en un polígono que tiene un área aproximada de 39.26 hectáreas, poseen actualmente 7.244 habitantes y 744 viviendas. (DANE, 2005).



**Figura 2.** Lugar de estudio La Peña- Atlántico. *Fuente:* Google Earth, 2007

El corregimiento de La Peña se encuentra dividido en 4 sectores Loma Fresca (01), Plaza (02), Centro (03), Campo (04) tal y como se ve reflejado en la ilustración 3; Para realizar las campañas de muestreos se tuvieron en cuenta los 4 sectores, con el fin de tener como puntos de referencia Colegios, Puesto de Salud, Pozo y el tanque de abastecimiento de agua para consumo humano.



**Figura 3.** Área de estudio - Mapa Corregimiento de la Peña por sectores. **Fuente:** (sabanalarga, 2009)

## 5.2 Fase de campo

Se realizaron 3 campañas de muestreo en el corregimiento de la Peña en Sabanalarga – Atlántico, en cada campaña se tomaron 8 muestras para un total de 24 muestras. Durante los tres muestreos se mantuvieron los puntos más representativos del corregimiento: Pozo de agua, Colegio, Tanque de almacenamiento.

Las demás muestras se tomaron de manera aleatoria en cada uno de los 4 sectores que componen el corregimiento.

De acuerdo a los lineamientos encontrados en la resolución 0811 de 2008 se definió el área de influencia y los puntos de muestreo para la toma de muestras, tal y como se muestran en las tablas 6,7y 8.

Tabla 6.

Referencia puntos de muestreo campaña 1.

Campaña # 1		
Puntos	Sector	Coordenadas
Pozo	Campo 01	10°35'2"N 75°1'29"W
Tanque	Loma Fresca (04)	10°37'4"N 75°5'45"W
almacenamiento		
Colegio	Loma Fresca (04)	10°35'21,868"N 75°1'40,363"W
Vivienda	Loma Fresca (04)	10°35'19,16"N 75°1'36,74"W
Vivienda	Loma Fresca (04)	10°35'15,64"N 75°11'38,31"W
Vivienda	Loma Fresca (04)	10°35'15,41"N 75°1'41,72W
Vivienda	Loma Fresca (04)	10°35'18.2"N 75°1'37.6" W
vivienda	Loma Fresca (04)	10°35'14,83"N 75°1'40,47"W

**Fuente:** (Goenaga N. J., Martínez C. A, 2017)

Tabla 7.

Referencia puntos de muestreo campaña # 2.

Campaña 2		
Puntos	Sector	Coordenadas
Pozo	Campo (01)	10°35'2"N -75°1'29"W
Tanque almacenamiento	Loma Fresca (04)	10°37'4"N -75°5'45"W
Vivienda	Loma Fresca (04)	10°35'13.787"N- 75°1'41.984"W
Colegio	Loma Fresca (04)	10°35'21,868"N -75°1'40,363"W
Vivienda	Campo (01)	10°35'145"N -75°1' 43,06"W
Vivienda	Loma Fresca (04)	10°35'26"N -75°1'39"W
Vivienda	Loma Fresca (04)	10°35'21,4"N -75°1'41,04"W
vivienda	Loma Fresca (04)	10°35'18,3"N -75°1'36,4" W

**Fuente:** (Goenaga N. J., Martínez C. A, 2017)

Tabla 8.

Referencia puntos de muestreo campaña # 3.

Campaña 3		
Puntos	Sector	Coordenadas
Pozo	Campo (01)	10°35'2"N - 75°1'29"W
Tanque almacenamiento	Loma Fresca (04)	10°37'4"N 75°5'45"W
Colegio	Centro (02)	10°34'58"N - 75°1'30"W
Vivienda	Plaza (03)	10°34'36"N 75°3'28"W
Vivienda	Centro (02)	10°34'36"N 75°3'35"W
Vivienda	Centro (02)	10°35'145"N 75°1' 43,06"W
Vivienda	Loma Fresca (04)	10°37'53,8"N 75°95'46,9"
Vivienda	Loma Fresca (04)	10°35'16,44"N 75°1'39.3"W

**Fuente:** (Goenaga N. J., Martínez C. A, 2017)



### 5.3 Toma de muestras

Para el análisis de las muestras de agua se llenaron 2 recipientes, un primer recipiente para los análisis físico-químicos con una cantidad mayor a 200 ml con agua recolectada desde grifo principal de cada punto. A partir de dicha muestra se realizaron en campo los análisis de parámetros tales como pH, Temperatura, salinidad, Conductividad, TDS; .Al finalizar, estas mismas muestras fueron refrigeradas y llevadas hasta el laboratorio de la universidad para el análisis de los parámetros restantes. (Turbiedad, Alcalinidad, Dureza Total, color, fosfato sulfatos, cloruros, nitratos y nitritos).

El segundo recipiente se utilizó para tomar las muestras de los análisis microbiológicos, consistió en una botella Schott previamente esterilizada con tiosulfato de sodio al 10% como agente decolorante el cual sirvió para reducir todo los residuos de halógenos e impedir el mantenimiento de la acción bactericida durante el transporte de la muestra. (Instituto de hidrologia, meteorologia y estudios ambientales [IDEAM], 2007).

Al momento de tomar la muestra se hizo directamente del grifo previamente flameado y se tuvo en cuenta no llenar el recipiente completamente con el fin de dejar un espacio de aire dentro de él, se procedió a tapar el recipiente y a refrigerarlo mientras fue transportado al laboratorio del Centro de Investigación en Tecnologías Ambientales - CITA, de la Universidad De La Costa - CUC. Y finalmente se procedió al análisis de cada muestra.

Para el muestreo en el laboratorio de los análisis físico-químicos (pH, Conductividad, Turbiedad, Alcalinidad, dureza, color, salinidad, TDS) y microbiológicos se realizaron bajo el procedimiento del *Standard Method Ed 20*. (Ver tabla 11) con ayuda de los equipos de medición del Centro de Investigación en Tecnologías Ambientales - CITA, de la Universidad De La Costa - CUC. (Ver tabla 9 y tabla 10).

## 5.4 Equipos

Para el análisis de las muestras in situ fue necesario utilizar equipos de medición en campo para medir parámetros como: pH, Conductividad, Salinidad, Temperatura, oxígeno disuelto, relacionados en la tabla 9, para los análisis de los parámetros en el laboratorio se relacionan los equipos en la tabla 10; para los análisis microbiológicos se utilizaron filtros, incubadora, cajas de Petri. (Ver anexo 3).

Tabla 9.

Unidades y Equipos de medición in situ.

Parámetro	Unidad	Modelo del equipo
pH	-	pH100A (YSI)
Temperatura	°C	pH100A(YSI)
Salinidad	Ppt	EC300
Conductividad	µs/cm	EC300

*Nota: Equipos utilizados para los parámetros utilizados Fuente: (Goenaga N. J., Martínez C. A, 2017).*

Tabla 10.

Unidades y Equipos de medición ex situ.

Parámetro	Unidad	Modelo del equipo
Turbiedad	UNT	Hach 2100Q
Fosfato		
Sulfato	mg/l	Fotómetro (YSI)
Nitritos		
Nitratos		

---

Color	UPC	Aquatester
Coliformes	UFC/100ml	Incubadora nube EN120

---

*Nota: Modelos de equipos y unidades de los parámetros analizados Fuente: (Goenaga N. J., Martínez C. A, 2017)*

Tabla 11.

Códigos de las metodologías empleadas para analisis fisicos –quimicos y microbiologicos.

---

Código	Parámetro
SM 2320B Ed.20	Alcalinidad
SM 2340C Ed.20	Dureza Total
SM 2130B Ed 20	Turbiedad
SM 2510B Ed. 20	Conductividad
SM 4500-H+B Ed. 20	pH
SM 2550B Ed.20	Temperatura
SM 4500-Cl B Ed.20	Cloruro
9222D Ed. 20	Coliformes
	totales y fecales.

---

*Nota: Metodologías empleadas para cada parámetro analizado Fuente: (Goenaga N. J., Martínez C. A, 2017)*

Para los análisis de nitrato, nitritos, fosfato y sulfatos se realizaron por medio de fotometría con ayuda de kit de la marca YSI y un fotómetro, en la tabla 12 se relacionan los códigos de cada kit utilizado.

Tabla 12.

Código de los Kit para análisis de nitratos, nitritos, fosfato y sulfatos.

Código KIT	Parámetro
YAP 109	Nitrito
YAP 154	Sulfato
YAP 163	Nitrato
YAP 177	Fosfato

*Nota Código para los Kit nitrito, Sulfato, Nitrato, Fosfato Fuente: (Goenaga N. J., Martínez C. A, 2017)*

## 5.5 Fase de laboratorio y parámetros *ex situ* de aguas

### 5.5.1 Análisis físico-químicos.

Los parámetros de turbiedad, alcalinidad, dureza total, color, fosfatos, sulfatos, cloruros, nitratos, nitritos, los cuales fueron analizados en el laboratorio ambiental de la universidad de la costa, CUC. Basados en la metodología descrita en el *Standard Methods edición 20* y posteriormente se representan los resultados por muestra y por parámetro a partir de gráficos tipo barra, el total de resultados se encuentra en tablas en el Anexo 1.

### 5.5.2 Análisis Microbiológico.

De acuerdo a la resolución 2115 de 2007 por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad de agua para consumo humano, recomienda la metodología de filtración por membrana para la determinación de Coliformes totales y fecales en agua potable. (Ministerio de ambiente, 2007).

La técnica de filtración por membrana utiliza en el análisis microbiológico es un mecanismo a través del cual se atrapan en la superficie de una membrana microorganismos cuyo tamaño es mayor que el tamaño del poro (0.45  $\mu\text{m}$ ); lo anterior, debido a una bomba eléctrica que ejerce una presión diferencial sobre la muestra de agua haciendo que se filtre.

Los microorganismos de tamaño menor que el específico del poro pasa la membrana o quedan retenidos en su interior, las bacterias quedan en la superficie de la membrana y luego esta es llevada a un medio enriquecido, selectivo o diferencial, quien a través de intercambio metabólico y una incubación, evidencian el crecimiento de microorganismos y unidades formadoras de colonia. (Instituto de Hidrología, 2007).

Una vez aplicada la técnica de filtración por membrana las muestras fueron llevadas a una incubadora del centro de Investigaciones Tecnológicas Ambientales CITA de la universidad de la costa CUC, por un periodo de 24 horas y a una temperatura de 37°C; para posteriormente se analizó si hubo presencia de Coliformes fecales y totales; una vez obtenido el resultado fueron representados en graficas tipo barra.

El resultado se informa en UFC/100L (Unidades formadoras de colonia) por 100ml.

Los Coliformes totales incluyen todas las colonias tanto las de color rojo salmón (Coliformes totales) más las de color violeta o azul (*E.coli*); Para *E.coli*, se cuentan solamente las colonias de color violeta o azul.

### **5.5.3 Encuestas.**

Se diseñó un formato para encuestas (ver anexo 2) dirigida a la comunidad a través de variables cualitativas; para la validación del cuestionario se tuvo en cuenta el juicio de expertos para que estos realizaran una validación global del mismo. En relación con los ítems, se le solicito que valoraran cualitativamente su grado de pertinencia al objeto de estudio y, además, su grado de precisión.

Como criterio de selección, se optó por el director y codirector del trabajo de grado, para validar la propuesta sustentada en sus conocimientos, investigaciones y experiencia.

Se realizaron alrededor de 20 encuestas en las 3 campañas, utilizando el método de muestreo no probabilístico “Muestreo intencional o de conveniencia” debido a que se seleccionó directamente a los individuos donde se realizó la toma de muestras del agua, una vez obtenida las respuestas se procedió a tabular la información en graficas circulares y establecer en porcentajes los datos alcanzados, para así determinar a través de un análisis inductivo la percepción por parte de los habitantes entrevistados sobre la calidad de agua que utilizan para el consumo.

### **5.5.4. Aplicación del IRCA.**

El cálculo del IRCA estuvo basado en artículo 13 del Decreto 2115 de 2007, a partir del cual se asignara una clasificación y nivel de riesgo de acuerdo a cada característica física, química y microbiológica analizada. A partir de esto se señalaron las acciones que deben realizar la autoridad sanitaria competente y las recomendaciones correspondientes.

Una vez obtenidos los resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológico, se procede a aplicar el IRCA lo cual permitió estimar el riesgo potencial al que pueden estar expuestos los habitantes de corregimiento y a su vez nos ayudara a proponer alternativas de potabilización tanto a nivel municipal como en el interior de las viviendas.

Para identificar el porcentaje del nivel de riesgo al que se encuentran expuestos los habitantes del corregimiento de la peña por el consumo de agua subterránea sin tratamiento fue necesario hacer uso de la siguiente ecuación, en la cual se utilizaron únicamente los puntajes de riesgo para los parámetros analizados mencionados anteriormente en esta investigación.

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} * 100 \text{ EC. 1.}$$

En la tabla 13 se representa el puntaje de riesgo de cada característica física, química y microbiológica, en función de su importancia sanitaria.

Tabla 13.

Puntaje de riesgo según el IRCA.

Característica	Puntaje de riesgo
Color aparente	6
Turbiedad	15
pH	1.5
Cloro residual libre	15
Alcalinidad total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1

Magnesio	1
Zinc	1
Dureza total	1
Sulfatos	1
Hierro total	1.5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	1
Aluminio	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes totales	15
<i>Escherichia coli</i>	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

**Fuente:** (Goenaga N. J., Martínez C. A, 2017)

Teniendo en cuenta los resultados del IRCA por muestra, la resolución 2115 de 2007 establece la clasificación del nivel de riesgo del agua para consumo humano. En la tabla 14 se representa la clasificación del riesgo en la salud humana según el IRCA y las acciones que debe realizar la autoridad sanitaria.

Tabla 14.

Clasificación del nivel de riesgo en salud humana según el IRCA y acciones que deben adelantarse.



Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 -100	INVIABLE SANITARIA MENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 – 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Nota: Calificación del IRCA en % acciones y medidas a tomar por parte de los entes gubernamentales **Fuente:** resolución 2115 de 2007.

Con los datos del IRCA se realizó un promedio para cada punto muestreado y se representó a través del programa SURFER versión 11 con su respectivo nivel de riesgo. En la tabla 15 se presentan las convecciones que se utilizaron en la elaboración de cada mapa de riesgo.

Tabla 15.

*Convecciones para los mapas en SURFER 11.*

IRCA (%)	Nivel de riesgo
80.1-100	Inviabile sanitariamente
35.1-80	Alto
14.1-35	Medio
5.1-14	Bajo
0-5	Sin riesgo

**Fuente:** (Goenaga N. J., Martínez C. A, 2017)

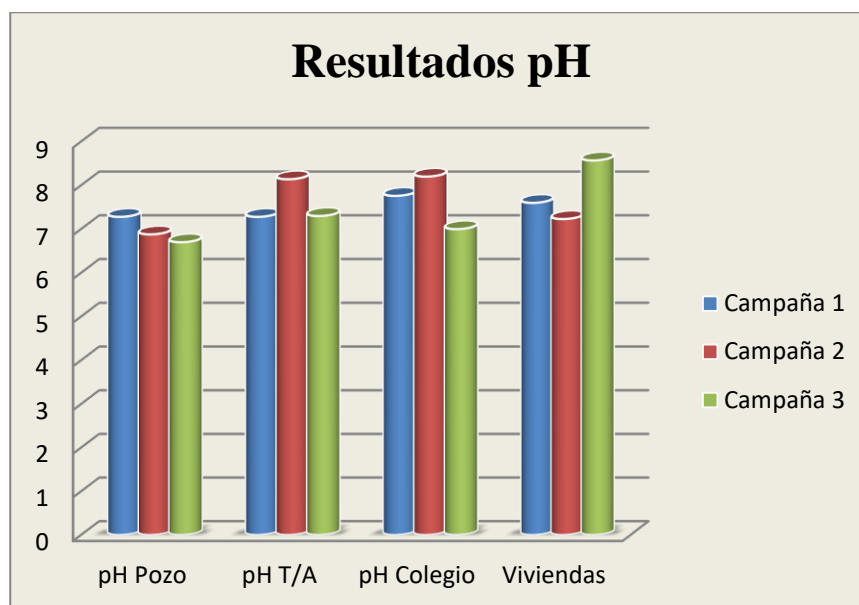
## **6 Resultados y discusiones**

### **6.1 Resultados parámetros fisicoquímicos**

Para las tres campañas se evaluaron 14 parámetros (pH, conductividad, Oxígeno disuelto, Temperatura, Turbiedad, Color, Alcalinidad, dureza total, Coliformes totales y fecales, nitritos, nitratos, sulfatos, cloruros). Se realizó comparación de las 3 campañas realizadas por parámetro en los puntos más representativos del corregimiento el Pozo (Fuente abastecedora de agua), Tanque de almacenamiento (Distribuye el agua en el sector Loma Fresca) y como establecimiento público La Institución Educativa Técnica Agropecuaria de La Peña, posteriormente se tomó muestras aleatoriamente en cada sector del corregimiento.

#### **6.1.1 Resultados pH.**

La determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. Un pH menor de 7.0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor de 7.0 muestra una tendencia hacia lo alcalino. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico, debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. (Mejia, 2005). De acuerdo a la resolución 2115 del 2007 el parámetro pH el nivel máximo permisible es de 9.0 y el mínimo de 6.5, en la figura 4 se encuentra el resultado de las 3 campañas.

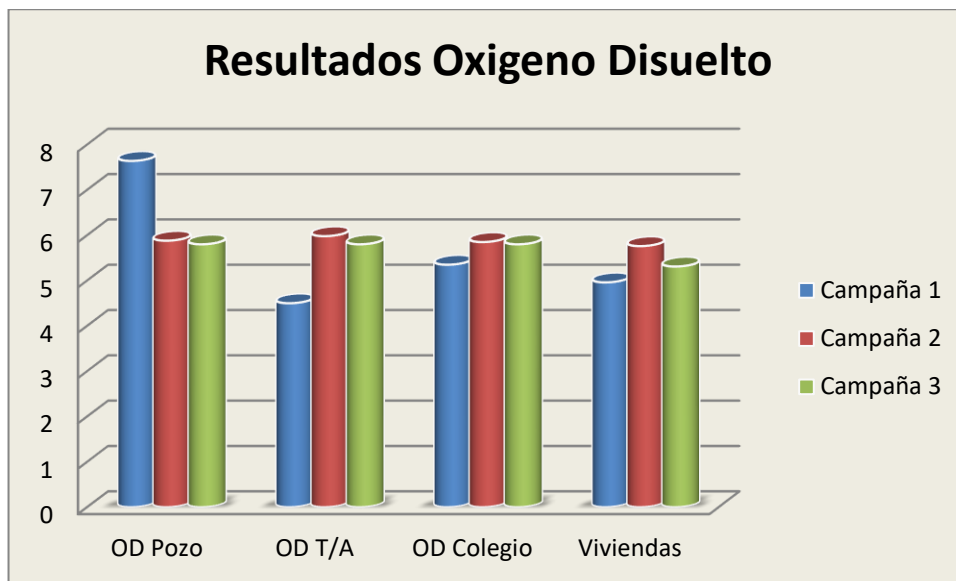


**Figura 4.** Resultados pH Comparación del resultado del pH en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas. **Fuente:** (Goenaga J, Martínez A, 2017)

De acuerdo a la gráfica anterior se evidencia que los resultados para este parámetro están dentro de lo normal, siendo 8,2 el punto más alto de la gráfica ubicado en la campaña 2 sectores colegio, y el punto mínimo 6,7 ubicados en la campaña 3 en la fuente abastecedora de agua (Pozo).

#### 6.1.2 Resultados Oxígeno Disuelto.

En la figura 5 se muestra los resultados del parámetro oxígeno disuelto realizado en las 3 campañas, en los puntos representativos del corregimiento, Pozo, Colegio y Tanque de almacenamiento.

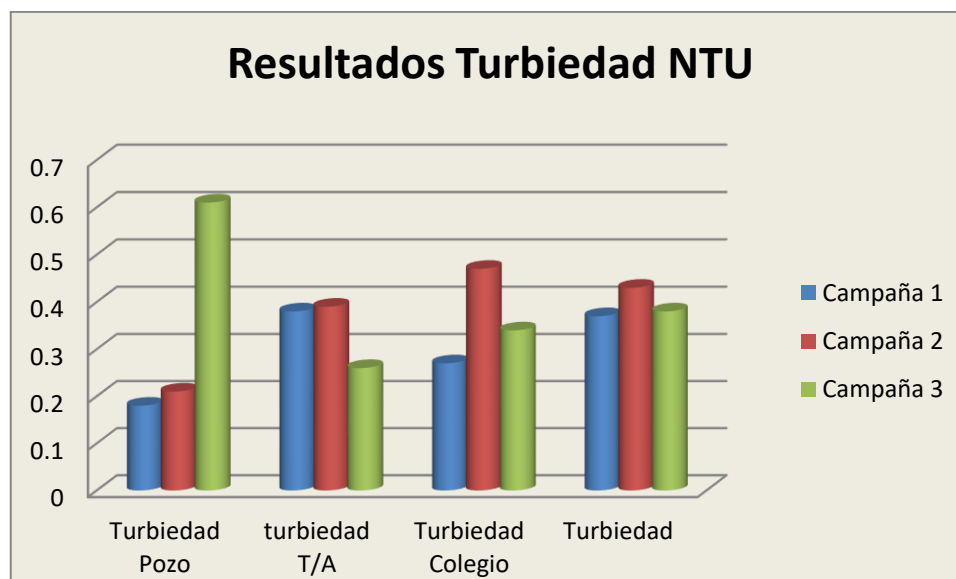


**Figura 5.** Resultados Oxígeno Disuelto Comparación del resultado de Oxígeno disuelto en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas. **Fuente:** (Goenaga J, Martínez A, 2017)

El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de que tan contaminada está el agua y cuán bien puede dar esta agua soporte a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros microorganismos no pueden sobrevivir (Peña, 2007).

### 6.1.3 Resultados Turbiedad.

La turbidez es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra (Mejía, 2005). En la figura 6 se observan los resultados de turbiedad en los 3 puntos representativos del corregimiento, comparándola entre campañas.



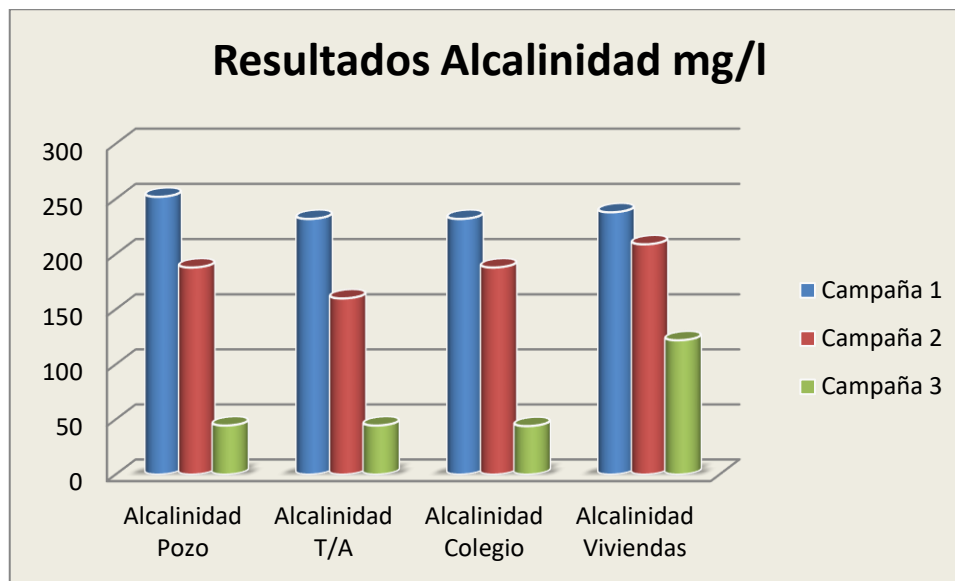
**Figura 6.** Resultados Turbiedad Comparación del resultado del parámetro turbiedad, en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas. **Fuente:** (Goenaga J, Martínez A, 2017)

La turbidez de los tres muestreos cumple con lo establecido en la resolución 2115 del 2007 siendo su nivel máximo de 2 NTU.

#### 6.1.4 Resultados Alcalinidad.

La alcalinidad es una medida de su capacidad para neutralizar ácidos, capacidad de evitar que los niveles de pH del agua lleguen a ser demasiado básicos o ácidos. La alcalinidad estabiliza el agua en los niveles del pH alrededor de 7. Sin embargo, cuando la acidez es alta en el agua la alcalinidad disminuye, y puede causar condiciones dañinas para la vida acuática; en química del agua la alcalinidad se expresa en ppm o en mg/l de carbonato equivalente del calcio.

El resultado de alcalinidad de la comparación de las tres campañas se encuentra en la figura 7



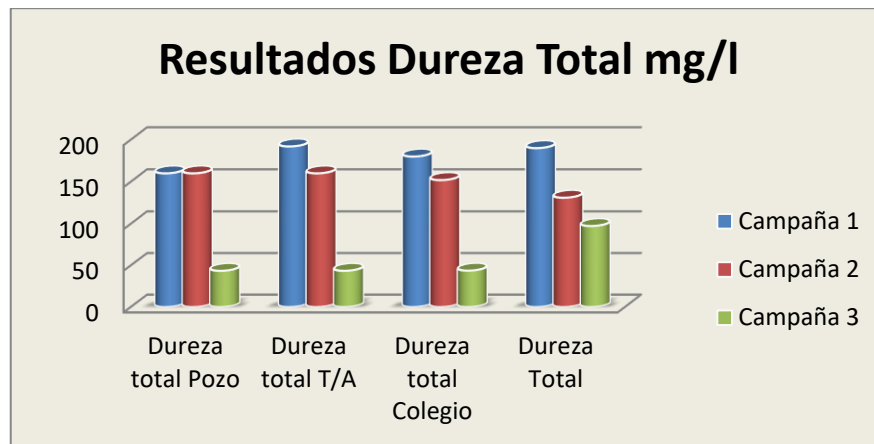
**Figura 7.** Resultados Alcalinidad, Comparación del resultado del parámetro turbiedad, en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas. Siendo la campaña 1 en todos los puntos representativos los mas altos (Goenaga J, Martínez A, 2017).

El nivel máximo permisible establecido por la normatividad vigente es de 200mg/L de acuerdo a resolución 2115 del 2007, la primera campaña sobre pasa el límite máximo en los 3 puntos representativos del corregimiento (Pozo, Colegio, Tanque de almacenamiento), en la segunda y tercera campaña se mantiene al margen cumpliendo así con la normatividad, una alta alcalinidad significa el agua es menos probable de experimentar grandes cambios en acidez, se dice que es "duro". El compuesto mineral más frecuente causando alcalinidad es carbonato de calcio, que puede provenir de rocas tales como piedra caliza o puede ser lixiviado de dolomita y calcita en el suelo, (Rene, 2005) este factor trae como consecuencia el revestimiento de tuberías.

### 6.1.5 Resultados Dureza.

La Dureza, mide la concentración en Calcio y Magnesio que tiene el agua.

Incide claramente en el “sabor” del agua cantidades superiores a 200-250 mg/l, coincidiendo con pH elevado, suele producir incrustaciones en tuberías. (Calidad del agua suministrada, 2017).

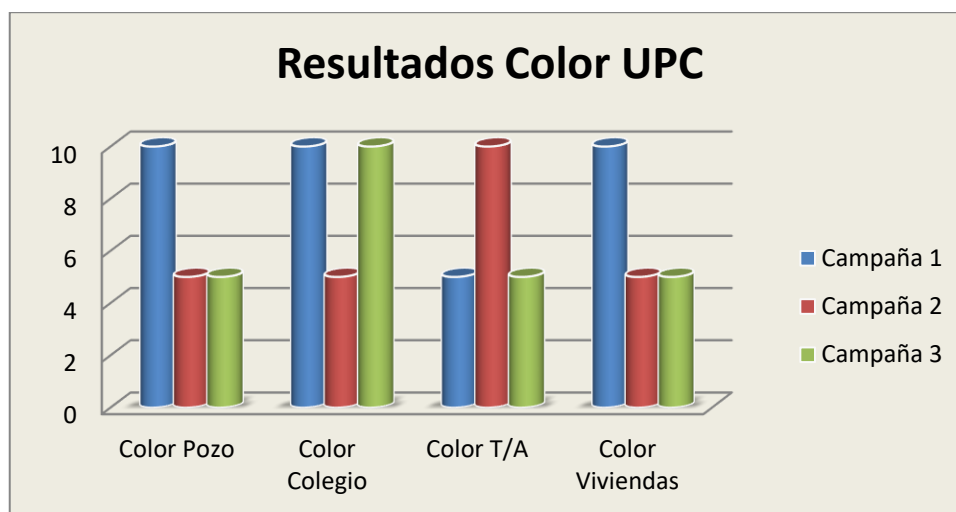


**Figura 8.** Resultados Dureza total, Comparación del resultado de Dureza total, en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas, siendo la campaña 1 con los puntos más altos, seguido de la campaña 2. **Fuente:** (Goenaga J, Martínez A, 2017).

La dureza es indeseable en algunos procesos, tales como el lavado doméstico e industrial, provocando que se consuma más jabón, al producirse sales insolubles. Además le da un sabor indeseable al agua potable, grandes cantidades de dureza son indeseables por las razones antes expuestas y debe ser removida antes de que el agua tenga uso. (Mejia, 2005) El nivel de dureza determinado en este estudio está dentro de los límites permisibles, siendo 300mg/l el nivel máximo permisible.

### 6.1.6 Resultados Color.

El agua de uso doméstico tiene como parámetro de aceptación el que deba ser incolora (Mejia, 2005), en la figura 9 se observa el comportamiento de este parámetro en las 3 campañas realizadas en los puntos representativos del corregimiento.



**Figura 9.** Resultados Color Comparación del resultado de color, en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas, manteniendo un rango entre 5 – 10 UPC 2. **Fuente:** (Goenaga J, Martínez A, 2017).

De acuerdo a la resolución 2115 del 2007 el nivel máximo permisible es de 15 UPC y ninguno de los resultados obtenidos supero ese nivel.

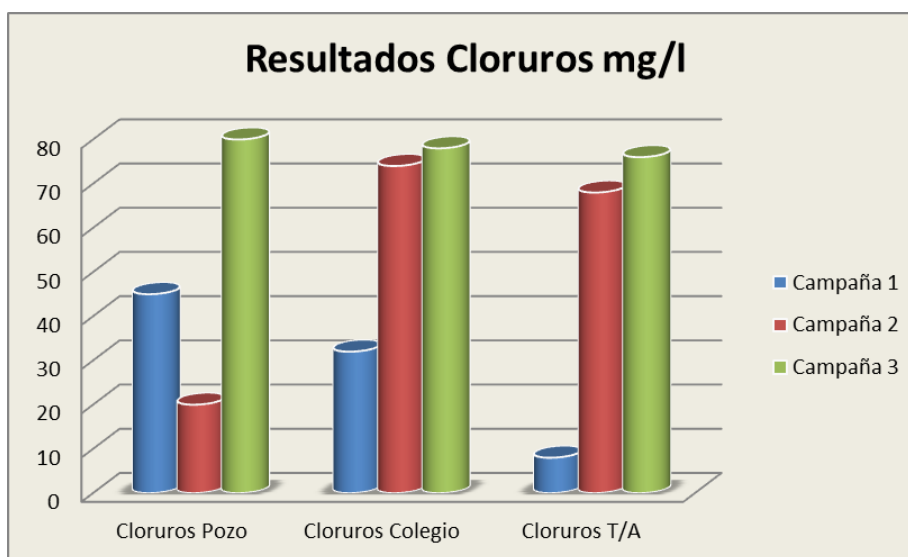
### 6.1.7 Resultados Cloruros.

El contenido de cloruros de las aguas naturales son variables y depende principalmente de la naturaleza de los terrenos atravesados, en cualquier caso, esta cantidad siempre es menor que la que se



encuentra en las aguas residuales, ya que el cloruro de sodio o sal de mesa (ClNa) es común en la dieta y pasa inalterado a través del aparato digestivo.

El aumento de cloruros en una muestra de agua puede tener orígenes diversos. Si se trata de una zona costera puede deberse a infiltraciones de agua del mar, en el caso de una zona árida este aumento se debe al lavado de los suelos producido por fuertes lluvias y en otros casos puede deberse a la contaminación del agua por aguas residuales, etc. Un contenido elevado de cloruros puede dañar las conducciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal, no así en las aguas de consumo humano donde no representan más inconvenientes que el gusto desagradable del agua, además de no plantear problemas de potabilidad. En la figura 10 se observa el proceder del parámetro cloruros en los puntos representativos del colegio realizando una comparación de las 3 campañas de muestreos realizadas.



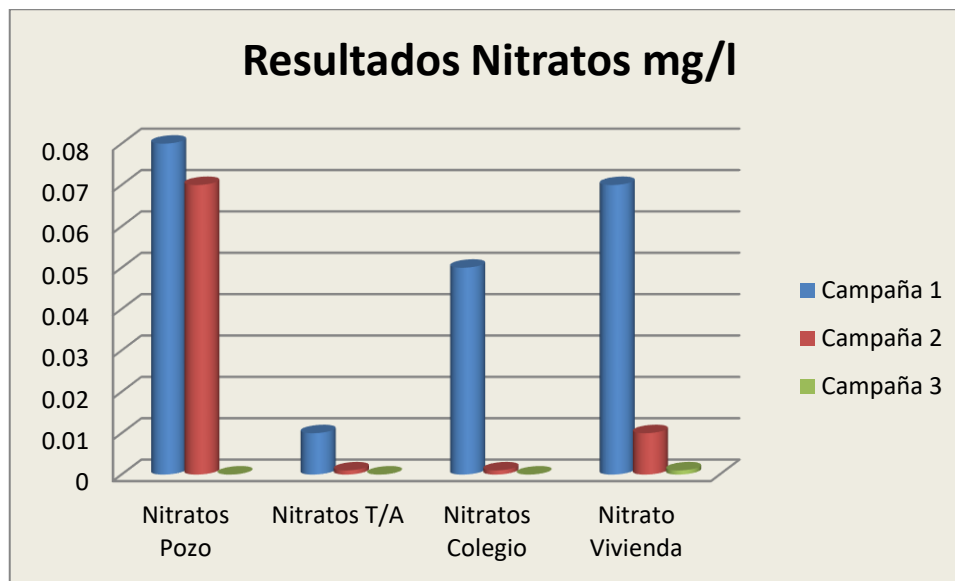
**Figura 10.** Resultados Cloruros, Comparación del resultado de cloruros, en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento),

Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas. **Fuente:** (Goenaga J, Martínez A, 2017)

Teniendo en cuenta el nivel máximo permisible establecido en la normatividad (250mg/l) se observa que en las 3 campañas de muestreos realizadas no sobrepaso ninguno de los puntos representativos del corregimiento, siendo el punto mas alto 80mg/l en el punto del pozo, la campaña #3.

#### **6.1.8 Resultados Nitratos.**

Este elemento es una forma de nitrógeno que las plantas necesitan para crecer; en la agricultura se usan los fertilizantes con nitrógeno para enriquecer el suelo. Desafortunadamente los nitratos pueden contaminar las fuentes de agua potable. Altos contenidos de nitrato en el agua pueden causar la enfermedad llamada síndrome del bebé azul. Los nitratos cambian la hemoglobina que transporta oxígeno a meta hemoglobina, que no lo transporta; el principal aporte de nitratos se debe al uso excesivo de fertilizantes químicos, en la figura 11 se observa los resultados obtenidos del parámetro nitratos en las 3 campañas realizadas.



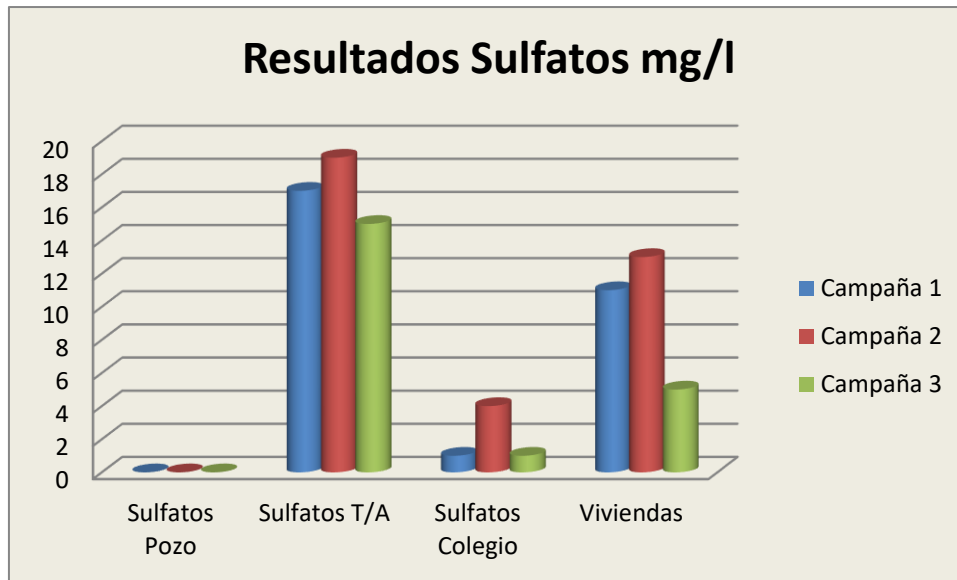
**Figura 11.** Resultados Nitratos Comparación del resultado de nitratos, en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas. Siendo el pozo en la campaña 1 y 2 con los puntos más altos. **Fuente:** (Goenaga J, Martínez A, 2017).

Este parámetro resulto dentro de los rangos normales, lo establecido por la normatividad es de 10 mg/l y no supero ese nivel.

#### 6.1.9 Resultados Sulfatos.

Los estándares para agua potable tienen un límite máximo de 250 mg/l de sulfatos, ya que en valores superiores tiene una acción “purgante”, en la concentración, se percibe un sabor amargo en el agua. En los sistemas de agua para uso doméstico, los sulfatos no producen un incremento en la corrosión de los accesorios metálicos, pero cuando las concentraciones son superiores a 200 mg/l, se incrementa la cantidad de plomo disuelto proveniente de las tuberías.

(Mejia, 2005) En la figura 12 se observa el comportamiento de este parámetro en los muestreos realizados.



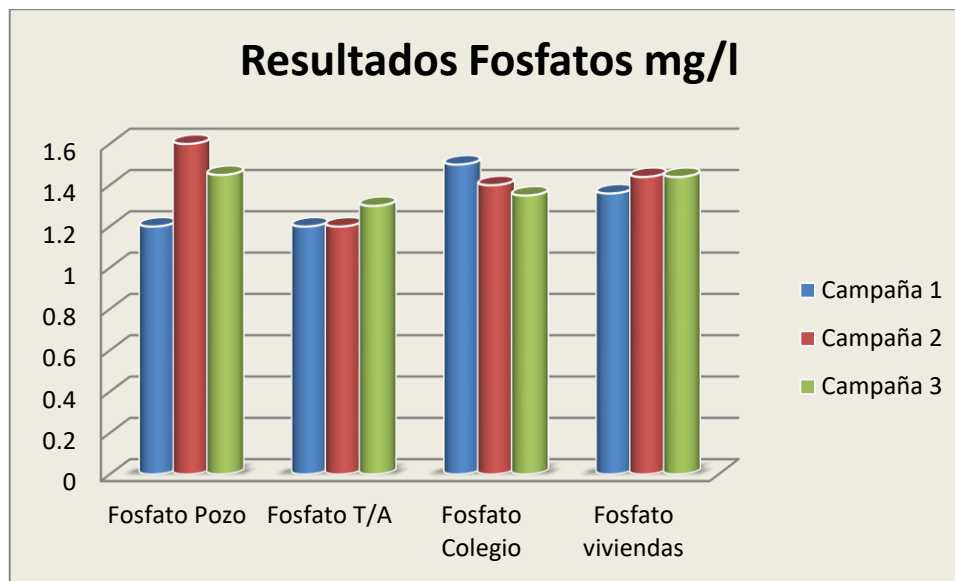
**Figura 12** Resultados sulfatos comparacion 3 campañas en los puntos representativos del corregimiento.

**Fuente:** (Goenaga J, Martínez A, 2017).

En los análisis para este estudio resultó dentro del rango apropiado y no representa problema alguno para la población.

#### 6.1.10 Resultados Fosfatos

“Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales. Dependiendo de la concentración de fosfato existente en el agua, puede producirse la eutrofización”. (Rene, 2005). En la figura 13 se encuentra los resultados obtenidos en las 3 campañas de muestreos realizadas analizando el parámetro Fosfatos



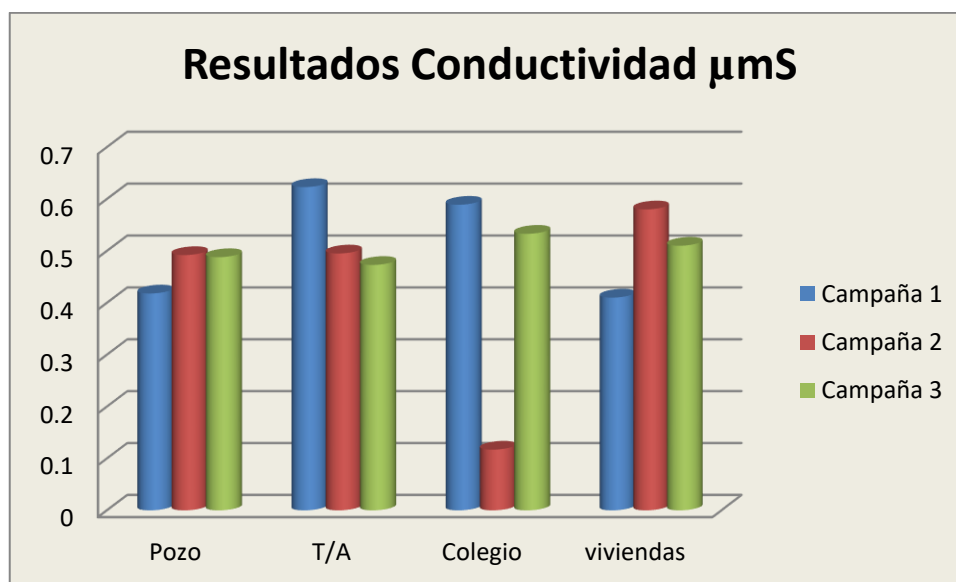
**Figura 13** Resultados fosfatos, Comparación del resultado de fosfatos, en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas. **Fuente:** (Goenaga J, Martínez A, 2017)

De acuerdo a lo establecido en la normatividad vigente su nivel máximo es 0,5 mg/l teniendo como resultado que todos los puntos estudiados en las 3 campañas exceden el nivel máximo permisible. La fuente principal o lo que posiblemente induce a este resultado alto en fosfatos es la influencia de los Polifosfatos de los detergentes, las aguas residuales, y la escorrentía, cabe destacar que el corregimiento no presenta sistema de alcantarillado y todas las aguas negras quedan en canales improvisados.

#### 6.1.11 Resultados Conductividad.

Expresa salinidad, presencia considerable de sales en las aguas y que afecta la vida acuática; muchas de estas sales disueltas son compuestas que producen partículas eléctricamente cargadas

(iones). Un incremento de los valores habituales de la conductividad superior al 50% en el agua de la fuente, indica un cambio sospechoso en la cantidad de sólidos disueltos y su procedencia debe ser investigada de inmediato por las autoridades sanitaria y ambiental competentes y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano (2007) En la figura 14 se observa los resultados encontrados en las 3 campañas de muestreos realizadas con el parámetro de conductividad

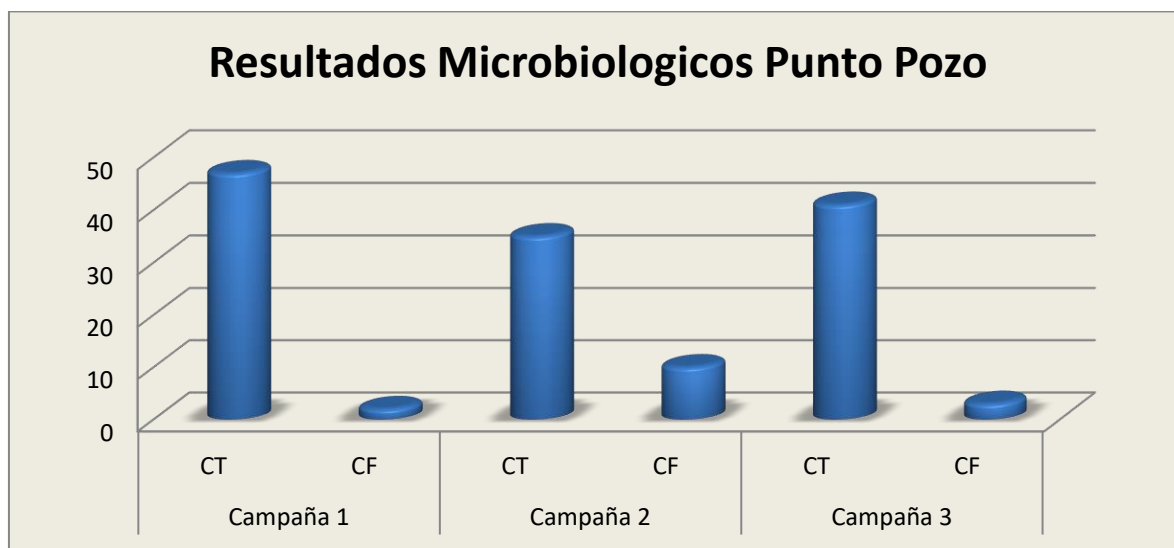


**Figura 14.** Resultados conductividad, Comparación del resultado del parámetro conductividad, en las tres campañas de muestreos realizadas en los puntos más representativos del corregimiento de La Peña, El Pozo (fuente de abastecimiento), Tanque de almacenamiento (distribuye el agua en sector de Loma fresca), el Colegio y Viviendas. **Fuente:** (Goenaga J, Martínez A, 2017)

Este indicador resultó aceptable en todas las muestras analizadas, por lo que no existen evidencias de niveles de salinización de las aguas.

## 6.2 Resultados microbiológicos

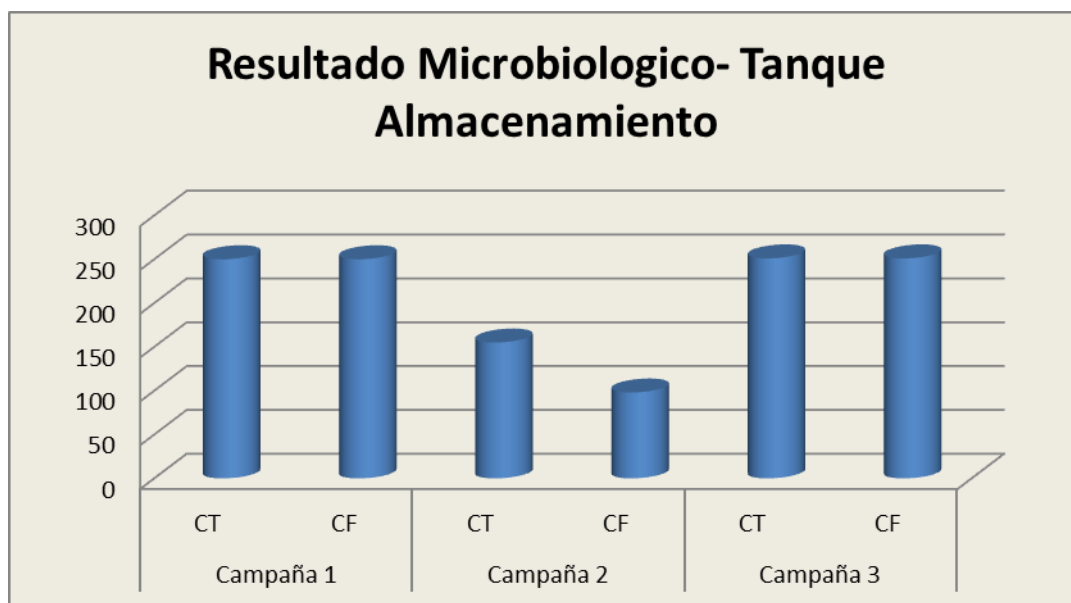
Las características microbiológicas del agua para consumo humano son establecidas teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 cm<sup>3</sup> de muestra siendo 0 en Coliformes totales y 0 *Escherichia coli* de acuerdo a lo establecido en la normatividad vigente 2115 del 2007, los niveles de Coliformes totales y Coliformes fecales en todas las campañas realizadas sobrepasan el nivel máximo permisible, incluyendo la fuente abastecedora de agua el Pozo (Ver figura 15)



**Figura 15** .Resultados microbiologicos para coliformes totales y coliformes fecales en las 3 campañas de muestreos realizadas **Fuente:** (Goenaga J, Martinez A,2017).

El agua constituye un alimento esencial, por ser indispensable para la vida. Interviene en la alimentación y en la preparación de alimentos de los pobladores, pero sin embargo puede ser un agente propagador de microorganismos peligrosos para la salud y trasmisor de enfermedades asociadas al consumo de agua, esto debido a que están por encima de las normas establecidas y existe una

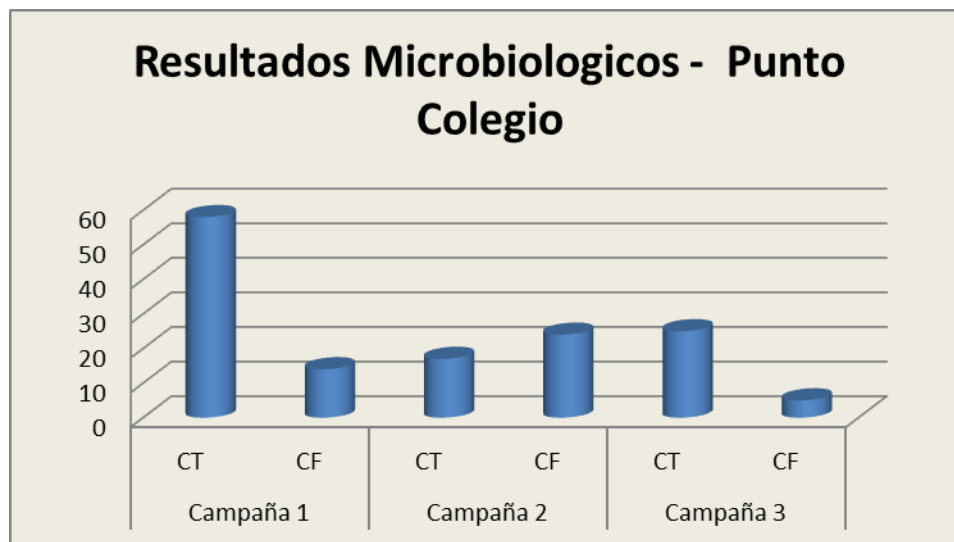
contaminación por Coliformes totales y fecales en la fuente abastecedora de agua (pozo) de igual forma en el Tanque de almacenamiento (Ver figura 16) y en el Colegio (Ver figura 17)



**Figura 16.** Resultados microbiologicos tanque de almacenamiento para coliformes totales y coliformes fecales en las 3 campañas de muestreos realizadas. **Fuente:** (Goenaga J, Martinez A,2017)

La presencia de Coliformes fecales resulta asociada a la disposición de los desechos sólidos y hay una correspondencia entre las escasas condiciones de higiene del hogar con una disposición inadecuada de los desechos. Son bacterias en forma de bacilos (cilindros) que están ampliamente distribuidas en la naturaleza y son huéspedes intestinales en el hombre y en general de los animales de sangre caliente. Muchas enfermedades infecciosas del hombre como la fiebre tifoidea, la disentería y el cólera son causadas por bacterias patógenas que se transmiten por medio de aguas contaminadas, de ahí la importancia de los Coliformes totales y fecales como indicadores inmediatos de contaminación fecal en el agua. (Mejia, 2005) El tanque de almacenamiento es el encargado de distribuir el agua en el sector de Loma Fresca, es llenado por el agua del Pozo y es almacenada hasta su distribución, en las 3 campañas realizadas se obtuvieron resultados altos por lo cual se expresa mayor de 250 UFC.

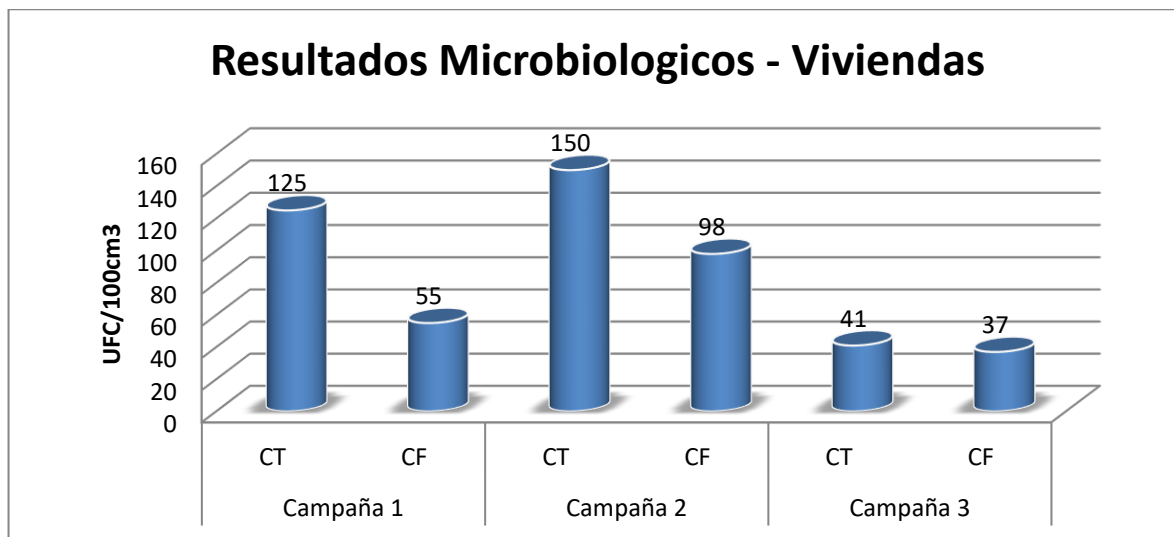




**Figura 17.** Resultados microbiologicas colegio para coliformes totales y coliformes fecales en las 3 campañas de muestreos realizadas. **Fuente:** (Goenaga J, Martinez A, 2017).

De acuerdo a la normatividad 0 UFC es el nivel máximo para los Coliformes totales y Coliformes Fecales obteniendo como resultado en todas las campañas que el punto Colegio sobrepasó los niveles máximos. Es importante resaltar el agua constituye un alimento esencial, por ser indispensable para la vida, sin embargo puede llegar a ser agente propagador de microorganismos peligrosos para la salud y trasmisor de enfermedades contagiosas asociadas al consumo de agua.

En el caso de las viviendas las muestras también sobrepasaron los niveles máximos permisibles (ver figura 18)

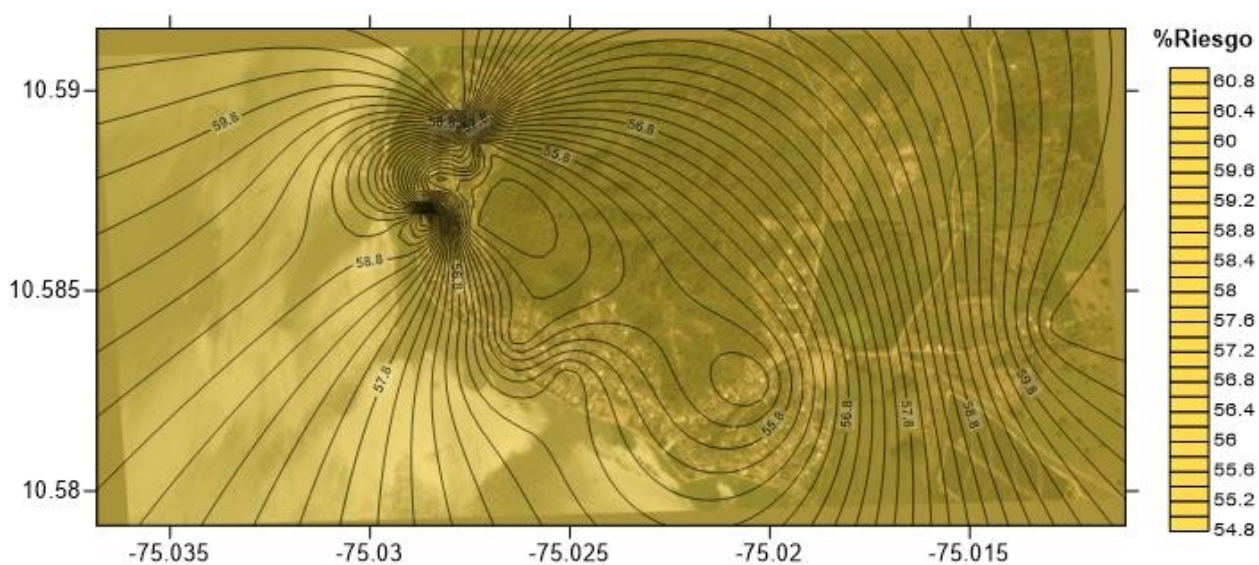


**Figura 18.** Resultados microbiologicos viviendas, sector de plaza, centro, loma fresca y campo para coliformes totales y coliformes fecales en las 3 campañas de muestreos realizadas. **Fuente:** (Goenaga J, Martinez A,2017).

De acuerdo a la visita realizada al corregimiento de la Peña en Sabanalarga-Atlántico se pudo evidenciar que no poseen un sistema adecuado para disposición de aguas negras, actualmente cuentan con un sistema rudimentario de pozas sépticas por lo cual se logra inferir que la contaminación establecida por la presencia de Coliformes se está presentando por la cercanía que hay entre las pozas sépticas, el pozo de agua y la red de distribución presentándose de esta manera algún tipo de contaminación cruzada; en cercanía con la habitantes manifestaron que las tuberías son de material de fibrocemento y que no han sido cambiadas lo cual también puede ser un factor para el cruce de contaminación por infiltración en las tuberías, además manifestaron que el tanque de almacenamiento de agua suministrada por el pozo no tiene una frecuencia de lavado.

### 6.3 Resultados (IRCA)

El índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), calculado para cada una de las muestras de agua de los 3 muestreos, Clasifico las muestras de agua de todos los puntos analizados como agua de riesgo alto (Figura 19)



**Figura 19.** Mapa nivel de riesgo del corregimiento de La Peña. **Fuente:** (Goenaga J, Martinez A, 2017).

De las 24 muestras analizadas en las tres campañas de muestreos se establece que todas ellas se encuentran en la clasificación de riesgo alto, ya que los valores determinados de IRCA por muestra se arrojaron en un rango de 35,1-80 (%). Ver detalladamente Anexo 4.

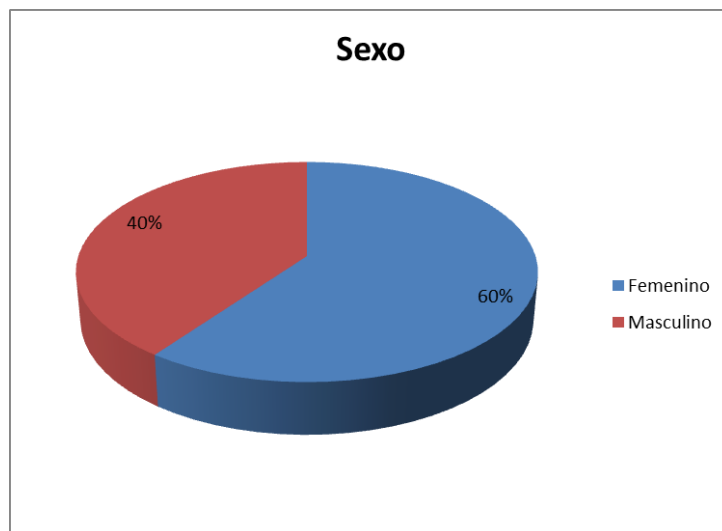
La resolución 2115 de 2007 en su artículo 15°, señala que para los niveles de riesgo alto e invariablemente sanitario, el agua no es apta para consumo humano. Por lo cual se debe informar e iniciar una gestión directa de acuerdo a la competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional, con el fin de emprender acciones para su mejora.

## 6.4 Resultados Encuestas

En el presente estudio se realizó una encuesta, con el propósito de saber la opinión o percepción que tienen los habitantes del corregimiento La Peña en cuanto al servicio y calidad del agua que consumen, la encuesta se realizó a los propietarios de las viviendas de las 3 campañas de muestreos realizadas, en total fueron 20 personas.

### 6.4.1 Resultado encuesta ítem “Sexo”.

Esta pregunta permite conocer el género de las personas que fueron entrevistadas. En la figura 20 se observa el resultado del sexo en los individuos que realizaron la encuesta.

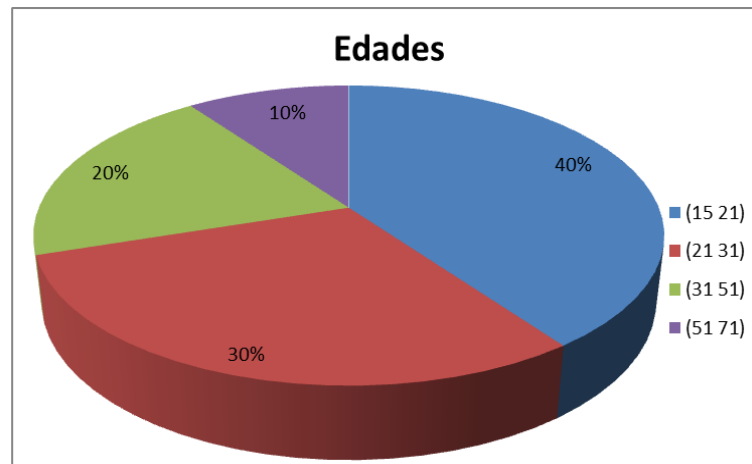


**Figura 20.** Resultados encuesta "Sexo" siendo Femenino o Masculino las opciones de respuesta. **Fuente:** (Goenaga J, Martinez A, 2017).

El resultado mostró la participación mayoritaria del género femenino con un 60% y 40% de género masculino

#### 6.4.2 Resultados de “Edades” personas encuestadas.

En la figura 21 se observa el resultado de las edades de las personas encuestadas

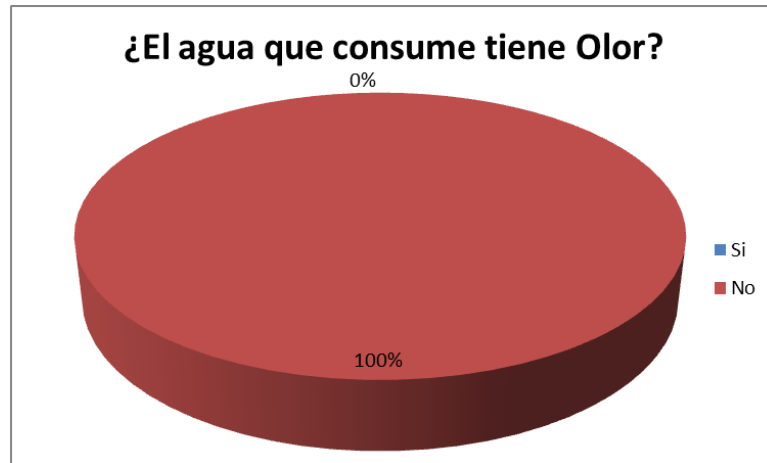


**Figura 21.** Resultados encuesta "Edad" teniendo rangos entre las edades de 15 a 21 años de 21 a 31 años, de 31 a 51 años y de 51 a 71 años. **Fuente:** (Goenaga J, Martinez A, 2017)

La edad entre los entrevistados oscilo en un rango de 15 años a 21 años obteniendo un 40%, un 30% entre 21 a 31 años, un 20% entre 31 a 51 años, 10% entre 51 a 71 años.

#### 6.4.3 Resultados ítem ¿El agua que consume tiene olor?.

El olor y sabor son dos características que nos definen, con otros parámetros, la calidad estética del agua. Generalmente, las quejas más frecuentes de los consumidores, se refieren al “olor y sabor del agua”, que puede considerarse como una mezcla de los sentidos del olfato y gusto. En la figura 22 se encuentra los resultados obtenidos de la pregunta ¿El agua que consume tiene olor?



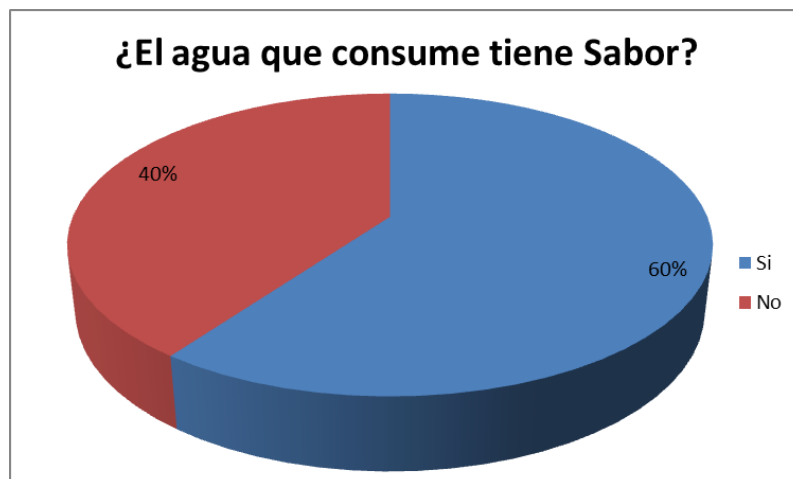
**Figura 22.** Resultados de la pregunta ¿El agua que consume tiene olor?.siendo “Si” o “No” las opciones de respuestas. **Fuente:** (Goenaga J, Martinez A, 2017)

El 100% de las personas encuestadas respondieron que el agua no tiene ningún tipo de olor al momento de ser consumida.

#### 6.4.4 Resultados ítem ¿El agua que consume tiene sabor?.

El sabor y olor en el agua de consumo (junto con la turbidez y el color constituye los parámetros que definen la calidad organoléptica del agua), pueden ser originados por distintas causas que pueden encontrarse ya sean en su origen, en su tratamiento o en la propia red de distribución, las agua subterráneas pueden verse afectadas por distintas sustancias disueltas que desde la superficie van penetrando hacia el interior tales como los nitratos, hierro, manganeso y otras así como otras de naturaleza orgánica. (Rene, 2005)

En la figura 23 está disponible los resultados en forma de torta o porcentajes de la pregunta ¿El agua que consume tiene sabor?



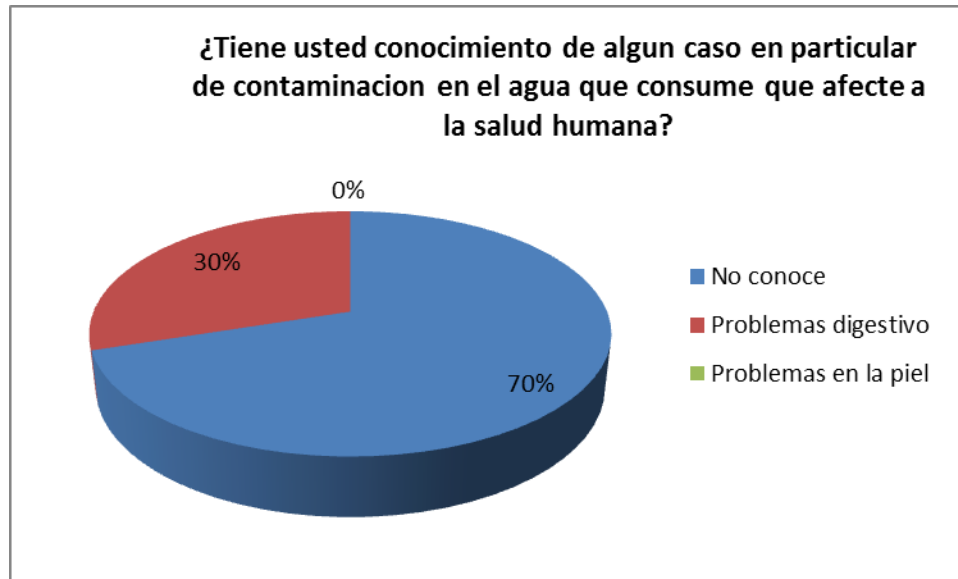
**Figura 23.** Resultado de la pregunta ¿El agua que consume tiene sabor? Teniendo como opciones de respuesta “Si” o “No”. **Fuente:** (Goenaga J, Martinez A, 2017).

De las personas entrevistadas un 60% estableció que el agua presentaba sabor, ellos identificaron el sabor como “agua vieja” o como “agua con arenilla”.

#### **6.4.5 Resultados de conocimiento de problemas en el agua que afecte la salud humana.**

El agua constituye un alimento esencial, por ser indispensable para la vida. Interviene en la alimentación y en la preparación de alimentos de los pobladores, pero sin embargo puede ser un agente propagador de microorganismos peligrosos para la salud y trasmisor de enfermedades contagiosas asociadas al consumo de agua, esto debido a que están por encima de las normas establecidas y existe una contaminación por Coliformes totales y fecales (**Rene, 2005**).

En la figura 24 está la opinión de los encuestados sobre si conocen algún caso de contaminación en el agua que afecte a la salud humana



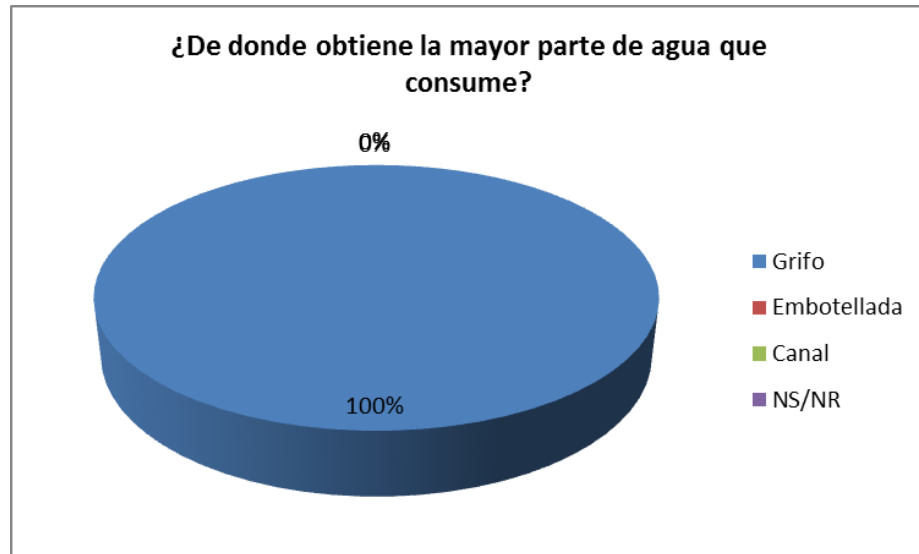
**Figura 24.** Resultados de la pregunta ¿Tiene usted conocimiento de algún caso en particular de contaminación en el agua que consume que afecte a la salud humana? Con las opciones de respuesta; No conoce, Problemas digestivos, Problemas en la piel. **Fuente:** (Goenaga J, Martinez A, 2017).

El 30% de personas entrevistadas relaciona los problemas digestivos que se presenta en el corregimiento con el agua que consumen, síntomas como diarrea, vómitos y dolores estomacales, un 70% Desconoce de algún caso que perjudique a la salud humana en específico.

#### **6.4.6 Resultados ¿De dónde obtiene la mayor parte de agua que consume?**

El agua en el corregimiento de La Peña es suministrada día por medio en cada sector, osea no es constante o permanente, por lo tanto los habitantes cada ves que llega el agua es tomada directamente del grifo y luego almacenada. En la figura 26 se encuentra los resultados a la pregunta ¿De donde obtiene la mayor parte de agua que consume? Corroborando lo mencionado anteriormente.





**Figura 25.** Resultados de la pregunta "¿De donde obtiene la mayor parte de agua que consume?" con las opciones de respuesta Grifo, Embotellada, Canala, No sabe/No responde. **Fuente:** (Goenaga J, Martinez A, 2017).

El 100% de las personas entrevistadas toman el agua directamente del grifo, luego la almacenan en tanques o directamente en el refrigerador.

#### **6.4.7 Resultados ítem ¿Qué sistema usa para el manejo de aguas servidas?.**

En todo el corregimiento de la Peña no existe un sistema de alcantarillado propiamente construido con todas las normativas de salubridad, en su lugar se han improvisado canales, se conducen las aguas negras directamente al embalse, En la figura 26 está el resultado en porcentajes de que sistema para aguas servidas utilizan las personas encuestadas.

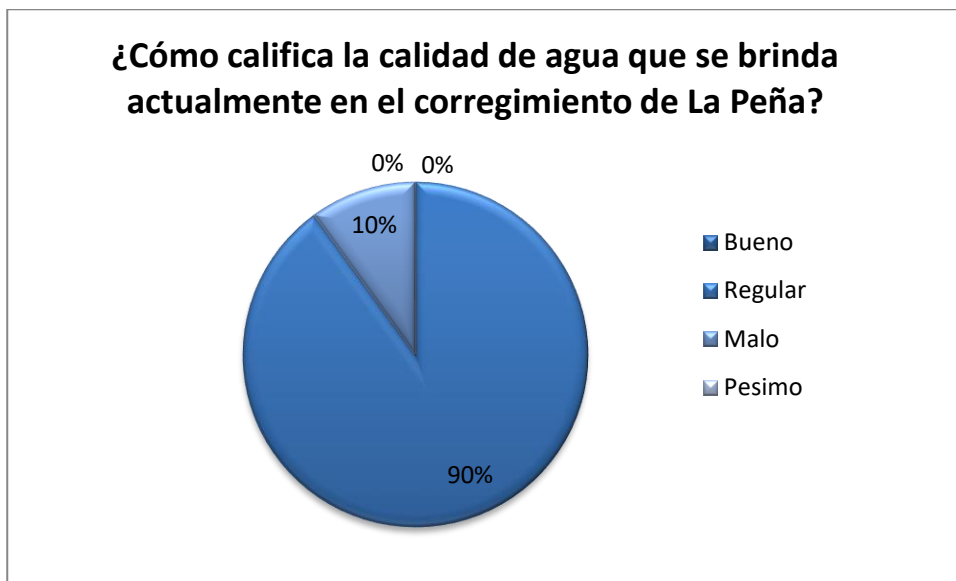


**Figura 26.** Resultados a la pregunta ¿Que sistema se usa para el manejo de aguas servidas? Con las opciones de respuesta Poza septica o alcantarillado. **Fuente:** (Goenaga J, Martinez A, 2017).

El 100% de las viviendas para los desechos fecales poseen pozas sépticas, como se mencionó posteriormente el corregimiento no cuenta con servicio de alcantarillado.

#### **6.4.8 Resultados ¿Cómo califica la calidad de agua que se brinda actualmente en el corregimiento de La Peña?**

Es importante conocer si los habitantes o personas encuestas tienen conocimiento del estado físico químico y microbiológico del agua que consumen en la Figura 28 está el resultado en porcentajes de como califican la calidad del agua.



**Figura 27** .Resultado de la pregunta ¿Cómo califica la calidad de agua que se brinda actualmente en el corregimiento de La Peña?, con las opciones de respuesta bueno, regular, malo y pesimo. **Fuente:** (Goenaga J, Martinez A, 2017).

Los habitantes del corregimiento de La Peña califican la calidad de agua que consumen en un rango de “Regular” con un 90%, cabe destacar que estas personas desconocen actualmente las problemáticas ambientales que presenta el agua en el corregimiento, ellos más que todo califican la calidad del servicio que presta la empresa encargada del acueducto.

## 6.5 Discusión de factores que influyen en la calidad del agua del corregimiento

Luego de realizar los estudios pertinentes y observar los resultados se pudo identificar los diferentes factores que pueden afectar la calidad de agua del corregimiento de La Peña

- El corregimiento de La Peña, cuenta con una entidad del mismo pueblo llamada “ACOMPE” la cual, cuenta únicamente con un tesorero y presidente, ellos son los encargados de suministrar el agua; lo realizan por sector un día por medio respectivamente, el sector de loma fresca no recibe el agua directamente del pozo si no que el agua es bombeada a un tanque de almacenamiento y de allí se distribuye el agua hacia las viviendas. El valor mensual de la factura del agua en constante tiene un costo de \$ 6.000 y con ese dinero se encargan de realizar arreglos, mantenimientos o cualquier situación que se presente con el pozo o las tuberías. Falta de organización al ente prestador del servicio.
- Como el suministro de agua no es diario los habitantes han optado por tener en sus viviendas, albercas, tanques plásticos, o cualquier método para almacenar el agua, los cuales no cuentan con un manejo adecuado del recurso, no tienen prácticas adecuadas sanitarias.
- El agua es bombeada directamente a las viviendas, no tiene ningún tipo de tratamiento previo y al llegar a las viviendas no todos los usuarios la tratan (hervir) si no que es consumida en esas condiciones.
- No cuenta con alcantarillado, los habitantes todos en sus viviendas tienen pozas sépticas lo cual puede influir en los resultados de niveles altos de Heces fecales y heces totales en el agua.

## 7 Conclusión

Si bien el agua subterránea es un insumo fundamental para el desarrollo social y económico en el corregimiento, además de ser la única fuente de abastecimiento, este recurso se encuentra bajo una presión a la contaminación elevada. Los valores de concentración microbiológica de Coliformes fecales y Coliformes totales en los puntos representativos y viviendas del corregimiento estuvieron por encima del límite normativo establecido para evaluar la calidad del agua para consumo humano, que son respectivamente  $0 \text{ UFC } /100\text{cm}^3$ ; las posibles causas asociadas a la presencia de Coliformes en el agua puede ser la cercanía a lugares destinados a cultivos de camarón y peces y fosas sépticas cercanas a las tuberías de distribución de agua y siendo así el agua no apta para el consumo humano, al igual que parámetros físicos químicos como , Alcalinidad y fosfatos que excedieron los niveles permisibles establecido por la normatividad vigente 2115 de 2007.

Los niveles de riesgo, de acuerdo a lo establecido con el cálculo del IRCA (Índice De Riesgo de la calidad de agua para consumo humano) por muestra arrojó un nivel de riesgo equivalente al 65 % del riesgo acumulado, siendo el agua no apta para consumo humano.

En este trabajo de investigación se puede observar la necesidad de que se realice tratamiento o potabilización del agua antes de ser suministrada y consumida por los habitantes del corregimiento, con el fin de evitar enfermedades a la población y de esta manera contribuir con la calidad de vida.

En cuanto a las encuestas realizadas se conoció la percepción que tienen los habitantes del servicio y calidad de agua, asumiendo que el agua presenta en muchas ocasiones “sabor” (70%) que el servicio es “Regular” (90%) y son conscientes que puede ocasionar patologías como dolor de estómago y

diarrea, aclaran que por lo general esos síntomas son percibidos por personas ajenas del pueblo o “visitas” cuando consumen el agua.

Es importante realizar este tipo de investigaciones para conocer el estado de la calidad de agua en que se encuentra actualmente el corregimiento, siendo este el recurso más importante en la sociedad y realizar medidas correctivas o tratar de dar solución a estas problemáticas, es importante que el sector público como alcaldías y gobernación se apersonen más de estas situaciones que pueden causar enfermedades o epidemias en una comunidad.

## 8 Recomendaciones

Los habitantes del corregimiento actualmente desconocen la problemática que enfrenta la calidad del agua, ellos se enfocan más en el servicio que presta, por lo tanto como recomendación de acciones inmediatas se sugiere en esta tesis:

- Concientizar a los habitantes del corregimiento que el agua no es apta para consumo humano puesto a que no tiene ningún tipo de tratamiento previo antes de su consumo, motivándole así a que en sus hogares ellos sean los encargados de tratar el agua; como primera opción debido al nivel alto de Coliformes fecales y Coliformes totales presentes en el agua ; y dispongan a hervir el agua antes de su consumo unos 10 o 15 minutos para luego almacenar en tanques a que se precipite cualquier sedimento y posteriormente proceder a su ingesta.
- Colocar las pozas sépticas a una distancia considerable del tubo principal del agua potable.
- Contar con personas capacitadas en la entidad encargada de prestar el servicio de agua ya que solamente está un tesorero (se limita a cobrar las facturas mensuales, abrir y cerrar controles) y el presidente (reuniones con alcaldía y tratar de buscar proyectos en el corregimiento). Interesados más en la prestación del servicio que la calidad del mismo.
- Cumplir con el tiempo establecido por la normatividad (6 meses) de desinfección del pozo.

A largo plazo o macro proyecto se recomienda.

- Reemplazo de tubería.

La tubería que actualmente está instalada en el corregimiento de La Peña es de concreto, tiene más de “30 años “por lo tanto ya cumplido su vida útil, esto puede ser una de las causas a que se presente Coliformes totales y fecales en el agua de acuerdo a los estudios realizados previamente, ya

que con el pasar de los años este ha podido tener infiltraciones teniendo en cuenta que el corregimiento no tiene sistema de alcantarillado y todas las casas tienen sistema de pozas sépticas.

- Planta de tratamiento de agua potable.
- Sistema de Alcantarillado



## 9. Referencias

- Ministerio de salud y proteccion social. (2014). *Informe naciona de la calidad del agua para consumo humano año 2013 con base en el IRCA*. Recuperado el Marzo de 2017, de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/123-noticias-educacion-ambiental/1960-estudio-nacional-del-agua-informacion-para-la-toma-de-decisiones>
- OTHAX, N. P. (2014). *Riesgo de la salud integrado por fluoruros, nitratos y arsenico en agua subterranea: caso del partido de Tres Arroyos, Argentina* . Revista internacional de contaminacion ambiental 30 (!) 27-41.
- RESOLUCIÓN NÚMERO 2115. (2007). Recuperado el 2017, de [http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n\\_del\\_agua/Resoluci%C3%B3n\\_2115.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf)
- 2007, R. 2. (s.f.). *resolucion 2115 de 2007*.
- Calidad del agua suministrada*. (2017). Recuperado el Junio de 2017, de [https://www.emasa.es/3\\_calidad/analisis\\_agua/3221\\_analisis.php?PFILE=1](https://www.emasa.es/3_calidad/analisis_agua/3221_analisis.php?PFILE=1)
- Almendra, S. (s.f.). *Caracteristicas del Agua Potable: Color, Sabor Y Olor*. Obtenido de <http://www.filtrosdeaguaalcalina.co/3-caracteristicas-del-agua-potable-color-sabor-olor/>
- Aragón Sanz, N. P. (2001). Nivel de arsénico en abastecimientos de agua de consumo de origen subterráneo en la comunidad de Madrid. *Revista Española de Salud Pública.*, 421-432.
- Bríñez K, G. J. (2012). *Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima*.
- CAICEDO, H. Y. (2011). *ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICOS EN AGUAS SUBTERRANEAS DEL CORREGIMIENTO DE SAN MIGUEL DEL TIGRE EN YONDO, ANTIOQUIA*. BUCARAMANGA.

- Carvajal, C. (2014). *Mapa de riesgo de la calidad de agua para consumo humano de la vereda la trinidad*. Recuperado el Enero de 2017, de [https://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/Salud\\_Publica/Ano\\_2014/AGUA\\_CONSUMO\\_HUMANO/MAPAS%20DE%20RIESGO%20DE%20LA%20CALIDAD%20DE%20AGUA%20PARA%20CONSUMO%20HUMANO%20DE%20LA%20VEREDA%20LA%20TRINIDAD%20Y%20LA%20VEREDA%20TOCOGUA%20MUNICIPIO%20DE%2](https://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/Salud_Publica/Ano_2014/AGUA_CONSUMO_HUMANO/MAPAS%20DE%20RIESGO%20DE%20LA%20CALIDAD%20DE%20AGUA%20PARA%20CONSUMO%20HUMANO%20DE%20LA%20VEREDA%20LA%20TRINIDAD%20Y%20LA%20VEREDA%20TOCOGUA%20MUNICIPIO%20DE%2)
- Castro, M., Almedia, J., Ferrer, J., & Diaz, D. (2014). Indicadores de la calidad de agua :Evolucion y tendencia a nivel global. *Ingenieria Solidaria*, 111-124.
- cepal. (Enero de 2000). *Informe nacional sobre la gestiona del agua en Colombia*. Recuperado el 14 de Julio de 2017
- Claret, m., Perez, C., Urrutia, R., & Palacios, M. (2005). *contaminacion en aguas de pozo destinadas a consumo humano*. Recuperado el Enero de 2017, de <http://www2.inia.cl/medios/quilamapu/pdf/tadentro/TA60EFA105.pdf>
- Conpes. (3 de Julio de 2014). *Politica para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural*. Recuperado el 12 de diciembre de 2017, de <http://www.minvivienda.gov.co/conpesagua/3810%20-%202014.pdf>
- DANE. (2005). *Censo general 2005*. Recuperado el Agosto de 2016, de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1>
- Eduardo Valenzuela, R. G. (2012). *Calidad microbiológica del agua de un área agrícola-ganadera del centro sur de Chile y su posible implicancia en la salud humana*.

- Garcia, G. (2002). *Contaminacion del agua*. Recuperado el 14 de Julio de 2017, de <http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/salud-publica-y-atencion-primaria-de-salud/otros-recursos-1/lecturas/bloque-iii/Contaminacion%20del%20agua.pdf>
- Guarnizo G, J. C., Briñez A, K., & V, A. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista facultad Nacional de Salud Publica*, 30 175-182.
- Guillen, V., Teck, H., kohlmann, B., & Yeomans, J. (2012). Microorganismos como boindicadores de la calidad de agua. *Tierra tropical:Sostenibilidad,ambiente y sociedad*, 65-93.
- IDEAM. (2007). *Coliformes totales y E. coli por el método de filtración por membrana en agar chromocult*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+Agua+Filtraci%C3%B3n+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174>
- IDEAM. (s.f.). *Aguas Subterráneas*. Recuperado el 10 de octubre de 2016, de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/aguas-subterraneas>
- IDEAM. (s.f.). *Evaluacion del recurso hidrico*. Recuperado el 14 de Julio de 2017, de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1>
- Instituto Colombiano de Geología y Minería. (2011). *Recuso Hidrico Subterraneo*. Recuperado el 10 de Octubre de 2016, de <http://ambientebogota.gov.co/aguas-subterraneas>
- Instituto de Hidrología, M. y. (30 de Agosto de 2007). *Determinacion de escherichis coli y coliformes totales en agua por el método de filtracion por membrana en Agar chromocult*. Recuperado el 01 de 2017, de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+Agua+Filtraci%C3%B3n+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174>

- Instituto nacional de salud. (2011). *Manual de toma de instrucciones para la toma, preservacion y trasporte de muestras de agua e consumo humano*. Recuperado el 04 de marzo de 2016, de [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7PLJOjZSQGYJ:https://formularios.dane.gov.co/Anda\\_4\\_1/index.php/catalog/285/download/4199+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&client=firefox-b-ab](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7PLJOjZSQGYJ:https://formularios.dane.gov.co/Anda_4_1/index.php/catalog/285/download/4199+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&client=firefox-b-ab)
- Jorge Jimenez, S. C. (2009). *MEDICION DE PARAMETROS FISICOS QUIMICOS Y BIOLOGICOS DEL AGUA SUBTERRANEA EN LA ZONA DE BUCARAMANGA*.
- Lenntech. (s.f.). *Usos del agua*. Obtenido de <http://www.lenntech.es/faq-uso-agua.htm>
- Madrigal, H., Fonseca, A., Nuñez, C., & Gomez, A. (2014). Amenaza de contaminacion del agua subterranea en el sector norte del acuífero Barva, Heredia, Costa Rica. *Tecnología y ciencias del agua.*, 103-118.
- Mariela, V. L. (2009). Contaminacion fecal en agua subterranea en una pequeña cuenca de secano rural en Chile. *Revista Chilena de investigacion agricola*, 69(2) 235-243.
- Mejia, M. R. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepcion local de las tecnologias apropiados a su desinfeccion a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limon, San Jeronimo Honduras*. Costa Rica.
- Ministerio de ambiente, v. y. (22 de Junio de 2007). *Resolucion 2115* . Recuperado el 2017, de [http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n\\_del\\_agua/Resoluci%C3%B3n\\_2115.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf)
- OMS. (2003). *Guías para la calidad del agua potable*. Recuperado el 14 de Julio de 2017, de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)

- OMS. (2003). *Informe sobre el desarrollo de los recursos hidricos en el mundo*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2017, de <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>
- OMS. (2008). *Agua y salud*. Recuperado el Abril de 2017, de [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/04\\_2014\\_water\\_and\\_health\\_info\\_brief\\_spa.pdf](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/04_2014_water_and_health_info_brief_spa.pdf)
- OMS. (2012). *Agua, saneamiento e higiene*. Recuperado el Enero de 2017, de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases-risks/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/es/)
- OMS. (2012). *Calidad del agua potable*. Recuperado el 10 de octubre de 2016, de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/)
- OMS. (2012). *Calidad del agua potable*. Recuperado el 10 de octubre de 2016, de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/)
- OMS. (2014). *Agua, saneamiento e higiene*. Recuperado el Enero de 2017, de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases-risks/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/es/)
- OMS. (2015). *Agua potable salubre y saneamiento básico en pro de la salud*. Recuperado el 14 de Julio de 2017
- OMS. (Febrero de 2017). *Enfermedades transmitidas por el agua*. Recuperado el 14 de Julio de 2017, de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases-risks/diseases/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/diseases/es/)
- Peña, E. (2007). *CALIDAD DE AGUA TRABAJO DE INVESTIGACION OXIGENO DISUELTO*.
- PNUD. (2006). *Mas alla de la escasez : Poder, Pobreza y crisis mundial del agua*. Recuperado el 14 de Julio de 2017, de <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>
- potabilizacion., R. i. (2011). *Indicadores de contaminacion fecal en aguas*. Recuperado el 14 de Julio de 2017, de [http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo\\_20.pdf](http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf)

- Ramos, R., Sepulveda, R., & Villalobos, F. (2002). *El agua en el medio ambiente Muestreo y análisis*. Mexico: Plaza y Valdes, S.A. de C.V.
- Rene, M. (2005). *Analisis de la calidad dela Calidad de agua para consumo humano y percepcion local de las tecnologias apropiadas*. Recuperado el 1 de Marzo de 2017, de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0602e/A0602e.pdf>
- Rivera, N. (2012). *Contaminacin de aguas subterraneas en Colombia*. Recuperado el 14 de Julio de 2017, de <https://proteccionambientaliberacionanimal.wordpress.com/2012/05/22/contaminacion-de-aguas-subterraneas-en-colombia/>
- Sabanalarga, A. d. (s.f.). *Subsistema Biofisico*.
- sabanalarga, S. d. (2009). *Plan basico de ordenamiento territorial de sabanalarga*. Recuperado el 21 de 03 de 2017, de <http://www.sabanalarga-atlantico.gov.co/apc-aa-files/63623432646631376636323365346236/Otros.pdf>
- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, C. (2007). Revision de parametros fisicoquimicos como indicadores de calidad y contaminacion del agua. *Ingenieria e investigacion*, 172-181.
- Santiago, F. A. (24 de noviembre de 2008). *Evaluacion de la calidad del agua y posibles fuentes de contaminacion en un segmento del Rio Piedras*. Obtenido de [http://www.suagm.edu/umet/biblioteca/UMTESIS/Tesis\\_Ambientales/2009/FOcasioSantiago170209.pdf](http://www.suagm.edu/umet/biblioteca/UMTESIS/Tesis_Ambientales/2009/FOcasioSantiago170209.pdf)
- Secretaria Distrital de Ambiente. (s.f.). *Secretaria Distrital de Ambiente*. Recuperado el 2017, de <http://ambientebogota.gov.co/aguas-subterraneas>
- SENA. (2000). *Control de la calidad del agua*. Recuperado el 06 de 10 de 2016, de [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/index.html#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/index.html#)

- UNAD. (2014). *Estado de los recursos naturales y el ambiente*. Recuperado el 29 de septiembre de 2016, de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/AVA\\_II-SEM-2014/Unidad\\_1/s.f.\\_Estado\\_de\\_los\\_recursos\\_naturales\\_y\\_del\\_ambiente.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/AVA_II-SEM-2014/Unidad_1/s.f._Estado_de_los_recursos_naturales_y_del_ambiente.pdf)
- UNAD. (2014). *Estado de los recursos naturales y el ambiente*. Recuperado el 29 de septiembre de 2016, de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/AVA\\_II-SEM-2014/Unidad\\_1/s.f.\\_Estado\\_de\\_los\\_recursos\\_naturales\\_y\\_del\\_ambiente.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/AVA_II-SEM-2014/Unidad_1/s.f._Estado_de_los_recursos_naturales_y_del_ambiente.pdf)
- Valdes, J., Samboni, N., & Carvajal, Y. (2011). Desarrollo de un indicador de la calidad del agua usando estadística aplicada, caso de estudio: "Subcuenca Zanjón oscuro". *Revista tecno lógicas*, 165-180.
- Valenzuela, E. G. (2012). Calidad microbiológica del agua de un área agrícola ganadera del centro sur de Chile y su posible implicancia en la salud humana. *Revista chilena de infectología*, 29(6) 628-634.

## ANEXOS.

**Anexo 1. Resultados parámetros físicos-químicos y microbiológicos de las 3 campañas.****1. Resultados Campaña # 1**

CODIGO DE MUESTRA	1 pozo	2 vivienda	3 vivienda	4 Colegio	5 vivienda	6 vivienda	7 vivienda	8 tanque almacenamiento
COORDENADAS	10°35'2"N - 75°1'29"W	10°35'19,16"N 75°1'36,74"W	10°35'14,83"N 75°1'40,47"W	10°35'21,868"N 75°1'40,363"W	10°35'18,2"N 75°1'37,6" W	10°35'15,64"N 75°11'38,31"W	10°35'15,41"N 75°1'41,72W	10°37'4"N 75°5'45"W
PARÁMETROS	RESULTADOS				RESULTADOS			
Ph	7,28	7,42	7,48	7,76	7,81	8,35	7,3	7,28
Conductividad	4,18	0,597	0,062	0,589	0,579	0,545	283,3	0,623
O.D mg/L	7,64	4,8	4,4	5,35	5,61	5,3	4,7	4,5
Temperatura °C	30,5	31,7	30	31,1	30,8	30,9	29,4	31
Turbiedad NTU	0,18	0,52	0,22	0,27	0,58	0,24	0,28	0,38
Color UPC	10	10	5	10	10	5	10	10
Alcalinidad mg/L	252	244	232	232	252	220	244	232
Dureza total mg/L	160	180	240	180	180	160	192	192
Fosfato (mg/l)	1,2	1,1	1,9	1,5	1,3	1,3	1,2	1,2
Sulfatos (mg/l)	0	0	10	1	15	18	14	17
Nitratos (mg/l)	0,08	0,1	0,1	0,05	0,06	0,04	0	0,01
Nitritos (mg/l)	0,03	0,01	0,03	0,1	0,04	0,001	0	0,04
Cloruros (mg/l)	45	31	41	32	23	12	4	8
Heces totales	47	54	79	58	<250	200	42	550
Heces Fecales	2	16	7	14	<250	0	3	400

**2. Resultados Campaña # 2**

CODIGO DE MUESTRA	001 (pozo)	2 (Tanque)	3 Vivienda	004 (Colegio)	5 Vivienda	6 vivienda	7 vivienda	8 vivienda
COORDENADAS	10°35'2"N - 75°1'29"W	10°37'4"N 75°5'45"W	10°35'13,787"N 75°1'41,984"W	10°35'21,868"N 75°1'40,363"W	10°35'145"N 75°1' 43,06"W	10°35'26"N 75°1'39"W	10°35'21,4"N 75°1'41,04"W	10°35'18,3"N 75°1'36,4" W
PARÁMETROS	RESULTADOS				RESULTADOS			
pH	6,88	8,14	7,72	8,2	7,2	8	5,75	7,5
Conductividad	492 µs	495,1 µs	0,523	0,117	0,754	0,591	0,588	431,8 ms
O.D mg/L	5,88	5,98	5,9	5,85	5,9	5,48	5,4	6,1
Temperatura °C	33,5	32	32	31	32	31,6	31,2	30,6
Salinidad (PPT)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2
Sólidos disueltos totales (g/l)	0,288	0,293	0,3	0,301	0,3	0,341	0,342	0,2536
Turbiedad NTU	0,21	1,39	0,61	0,47	0,4	0,43	0,32	0,382
Color UPC	5	10	10	5	10	10	10	15
Alcalinidad (mg/l)	188	160	168	188	167	240	280	192
Dureza total (mg/l)	160	160	148	152	154	200	200	136
Fosfato (mg/l)	1,6	1,2	1,4	1,4	1,3	1,3	1,6	1,6
Sulfatos (mg/l)	0	19	10	4	15	16	10	14
Nitratos (mg/l)	0,07	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Nitritos (mg/l)	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
Cloruros (mg/l)	30	36	64	74	73	65	71	68
heces Total	35	155	46	17	78	1600	560	443
Heces Fecales	10	98	4	24	5	45	56	56



### 3 Resultados campaña # 3

CODIGO DE MUESTRA	001 (pozo)	002(Colegio) centro	3 vivienda	4 vivienda	5 vivienda	6 (Tanque)	7 vivienda	8 vivienda
COORDENADAS	10°35'2"N - 75°1'29"W	10°34'58"N - 75°1'30"W	10°34'36"N 75°3'28"W	10°34'36"N 75°3'35"W	10°35'145"N 75°1' 43,06"W	10°37'4"N 75°5'45"W	10°37'53,8"N 75°95'46,9"	10°35'16,44"N 75°1'39,3"W
PARÁMETROS	RESULTADOS							
pH	6,7	7	6,74	6,8	7,0	7,3	7,56	7,74
Conductividad	488 µs	0,533 mS	434,2 µs	0,523mS	0,441	473 µs	0,561	0,589
O.D mg/L	5,8	5,8	5,5	5,7	5,5	6,7	4,39	5,44
Temperatura °C	32	34	32	33	34	28	30	30,7
Salinidad (PPT)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
Sólidos disueltos totales (g/l)	0,279	0,289	0,2819	0,291	0,287	0,2758	0,36	0,346
Turbiedad NTU	0,61	0,34	0,42	0,44	0,29	0,26	0,42	0,35
Color UPC	5	10	10	5	5	5	15	15
Alcalinidad (mg/l)	44,5	44	44,3	44,2	44,5	44,5	252	228
Dureza total (mg/l)	43,5	43,7	43,8	43,5	43,5	43,5	168	188
Sulfatos (mg/l)	0	1	1	5	6	15	0	1
Nitratos (mg/l)	0	0	0,06	0	0,02	0	0,01	0,02
Nitritos (mg/l)	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Fosfato (mg/l)	1,45	1,35	1,65	1,4	1,45	1,3	1,2	1,5
Cloruros (mg/l)	80	78	76	80	70	76	69	73
Heces Totales UFC	41	25	43	65	14	89	46	6
Heces Fecales UFC	3	5	8	71	0	51	5	4

**Anexo 2. ENCUESTA PARA CONocer LA PERCEPCION QUE TIENEN LOS  
HABITANTES DEL CORREGIMIENTO LA PELA SOBRE EL CONSUMO DE AGUA  
SUMINISTRADO.**

Nombre:

Edad:

Sexo:

☐ Femenino.

☐ Masculino.

1. ¿EL AGUA QUE CONSUME TIENE OLOR?

☐ Si

☐ No

2. ¿EL AGUA QUE CONSUME TIENE SABOR?

☐ Si

☐ No

3. ¿TIENE USTED CONOCIMIENTO DE ALGUN CASO EN PARTICULAR DE  
CONTAMINACION EN EL AGUA QUE CONSUME QUE AFECTE LA SALUD  
HUMANA?

4. ANTES DE SU CONSUMO APLICA ALGUN TIPO DE TRATAMIENTO, Si la respuesta es  
afirmativa diga ¿Cuál?\_\_\_\_\_

☐

Si

☐

No

5. ¿DE DONDE OBTIENE LA MAYOR PARTE DEL AGUA QUE CONSUME?

EMBOTELLADA ☐

GRIFO ☐

NS/NC

☐

6. si lo sabe, ¿PODRIA INDICAR DE DONDE PROVIENE EL AGUA DEL GRIFO?

POZO ☐

RIO ☐

CANA ☐

NS/NC ☐

7. ¿QUÉ SISTEMA USA PARA EL MANEJO DE AGUAS SERVIDAS?

SISTEMA INDIVIDUAL (POZO SEPTICO)

☐

SISTEMA DE ALCANTARILLADO

☐

8. ¿ COMO CALIFICA LA CALIDAD DE AGUA QUE SE BRINDA ACTUALMENTE AL  
CORREGIMIENTO DE LA PEÑA?

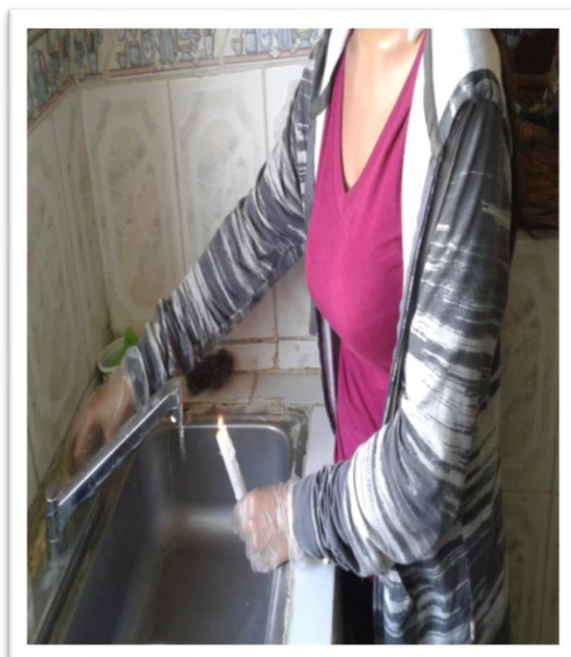
BUENO ☐

REGULAR ☐

MAL ☐

PESIMO

☐

**Anexo3. Registro fotografico****1. Punto Tanque Almacenamiento (Loma Fresca).**



## 2. Toma de muestras



## 3. Infraestructura del pozo





#### 4. Equipo de medición in situ (pHIMETRO)



#### 5. Equipo de medición in situ (Conductivimetro).



#### 6. Equipo de medición in situ (Oxímetro)



#### 7. Equipo de medición ex situ (Fotómetro)

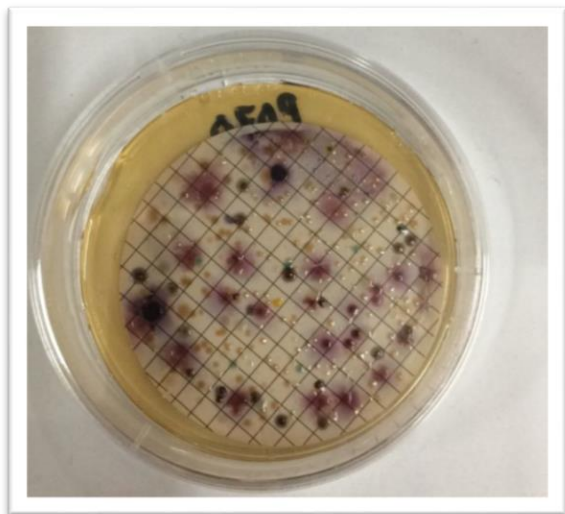


**8. Equipos de medición ex situ (incubadora)**

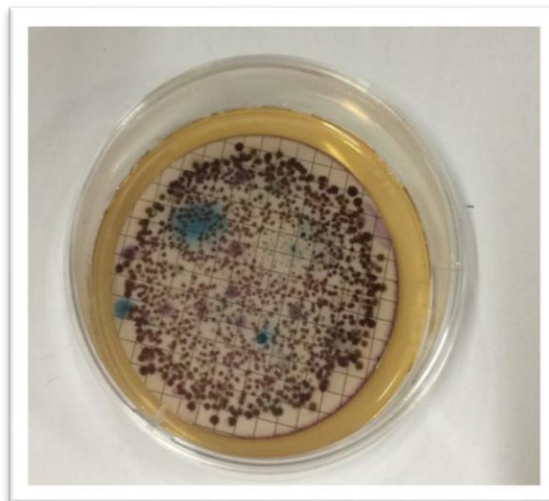


**9. Equipos de medición ex situ (Portafiltro)**

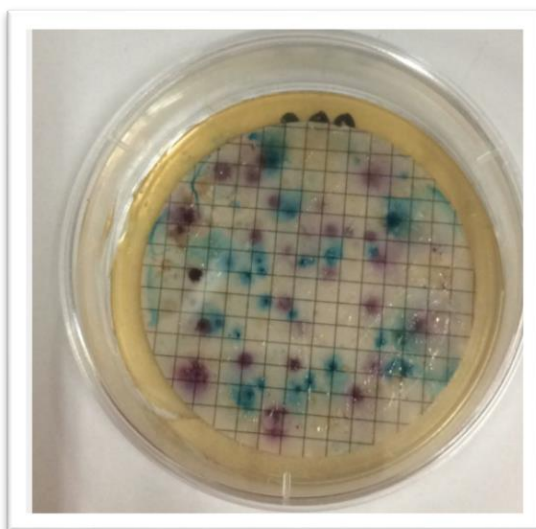




**10. Muestra microbiologica Pozo**



**11. Muestra microbiologica Tanque de almacenamiento**



**12. Muestra microbiologica Colegio**